UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

CENTRE DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS

CASE POSTALE 6128, SUCCURSALE A, MONTRÉAL, QUÉBEC, H3C 3J7

FRET :
UN MODÈLE DE SIMULATION DES FLUX DE MARCHANDISES AU CANADA

par

Guy Picard

Thèse de Ph.D., département de Sciences économiques,
Faculté des arts et des sciences, dirigée par Marc Gaudry et Sang Nguyen.

Cette étude a été rendue possible grâce à une subvention du Fonds F.C.A.R. - Action concertée : transport des marchandises - du Québec et des fonds du Programme universitaire en transports Canada (PUT).

Cette étude a été publiée grâce à une subvention du Fonds F.C.A.R. pour l'aide et le soutien à la recherche.

Université de Montréal

Centre de recherche sur les transports - Publication #539

Avril 1987

Dépôt légal - 3e trimestre 1987

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

FRET :
UN MODÈLE DE SIMULATION DES FLUX DE MARCHANDISES AU CANADA

PAR
GUY PICARD
DÉPARTEMENT DE SCIENCES ÉCONOMIQUES
FACULTÉ DES ARTS ET DES SCIENCES

THÈSE PRÉSENTÉE À LA FACULTÉ DES ÉTUDES SUPÉRIEURES
EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE DE
PHILOSOPHIA DOCTOR (Ph.D.)

(AVRIL 1987)

TABLE DES MATIÈRES

Page

TABLE DES MATIÈRES ii

LISTE DES ILLUSTRATIONS. iv

SOMMAIRE vii

INTRODUCTION 1

CHAPITRE I

INTRODUCTION 1
1.1 La modélisation de la demande de transport 1
1.2 Objectifs de la thèse. 2
1.3 Structure du rapport de thèse. 4

CHAPITRE II

REVUE DE LA DOCUMENTATION ET CADRE MÉTHODOLOGIQUE ADOPTÉ 5
2.1 Modèles de niveau. 5
2.1.1 Modèles de programmation 6
2.1.2 Modèles de régression et de série chronologique. 8
2.1.3 Modèles entropiques. 11
2.1.4 Modèles input/output 14
2.1.5 Modèles entropiques avec contraintes input/output. 19
2.1.5.1 Modifications apportées au modèle de génération/distribution TOMM-2 23
2.2 Modèles de choix modal 27
2.2.1 Modèles désagrégés 28
2.2.1.1 Modèles dérivés de la théorie des inventaires. . . 28
2.2.1.2 Modèles probabilistes. 30
2.2.2 Modèles agrégés. 34
2.2.2.1 Modèles de demande dérivée 34
2.2.2.2 Modèles probabilistes. 37

CHAPITRE III

LE MODÈLE TOMM-D, MODULE DE GÉNÉRATION/DISTRIBUTION. 40
3.1 Niveau d'agrégation retenu 40
3.2 Formulation du modèle. 40
3.2.1 Analyse de la fonction objectif du modèle. 42
3.2.2 Analyse des contraintes comptables input/output 44
3.3 Calcul des coefficients input/output et des coefficients d'importation 48
3.4 Condition de compatibilité des données input/output et des matrices de flux interrégionaux 50
3.5 Calcul des productions, utilisations, exportations et importations zonales. 51

Page

CHAPITRE IV

ESTIMATION DES FLUX DE MARCHANDISES OBSERVÉS 57
4.1 Construction des matrices de flux observés 57
4.1.1 Importance du camionnage privé 59
4.1.2 Importance du chemin de fer de classe II 61
4.1.3 Corrections de certains flux domestiques 66
4.1.4 Méthode utilisée 67
4.1.5 Résultats des évaluations des flux observés. 72
4.2 Calcul du coût de transport interzonal 81
4.3 Variables de production et d'attraction. 83
4.4 Résultats des estimations des flux observés. 84

CHAPITRE V

RÉSOLUTION DU MODÈLE 92
5.1 Formulation primale du modèle. 92
5.2 Conditions d'optimalité. 93
5.3 Algorithme de résolution 95

CHAPITRE VI

FRETNET : MODULE DE CHOIX MODAL. 99
6.1 Formes fonctionnelles utilisées. 100
6.2 Données utilisées. 102
6.2.1 Détermination des parts modales. 102
6.2.2 Détermination des tarifs par mode. 103
6.2.3 Détermination des temps de transport par mode. 112
6.3 Résultats. 115
6.3.1 Estimations des modèles. 115
6.3.2 Calcul des élasticités. 121
6.3.3 Comparaison de certaines élasticités obtenues par Oum (1978) 134

CHAPITRE VII

ANALYSE DES SCÉNARIOS. 142
7.1 Modification des coûts de transport. 143
7.2 Modification de la demande finale. 156
7.3 Conclusion 158

Page

CONCLUSION 179

APPENDICE 1 : Les 67 zones, leurs centroïdes et la correspondance avec les divisions de recensement de Statistique Canada. 182

APPENDICE 2 : Description détaillée des sources de données ayant servies à calculer les parts zonales de production et d'attraction pour chaque bien commercialisable. 189

APPENDICE 3 : Classification des industries. 201

APPENDICE 4 : Catégories de la demande finale. 203

APPENDICE 5 : Classification des biens et services 204

APPENDICE 6 : Classification des 64 groupes de marchandises par grandes catégories 208

APPENDICE 7 : Calcul des valeurs unitaires 209

A7.1 Utilisation de la méthode directe 209

A7.2 Utilisation des facteurs de conversion. 213

A7.3 Méthode utilisée. 214

APPENDICE 8 : Résultats de Oum (1978) concernant la compétitivité intermodale pour les biens #32, 40, 44, 47, 52 et 54 215

APPENDICE 9 : Scénario #2 : Modification de la demande finale (variations des productions domestiques zonales). 216

BIBLIOGRAPHIE. 233

REMERCIEMENTS. 245

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Liste des tableaux : Page

TABLEAU 2-1 : L'importance relative des différents facteurs dans le choix d'un transporteur au Canada. 29

TABLEAU 4-1 : Répartition du trafic terrestre par taille d'entreprises et pour certains groupes de produits (Québec). 62

TABLEAU 4-2 : Distribution du tonnage par type de transporteur 63

TABLEAU 4-3 : Trafic provincial et extraprovincial par type de transporteur. 64

TABLEAU 4-4 : Flux interprovinciaux par mode de transport-aliments (Biens #1-15) 73

TABLEAU 4-5 : Flux interprovinciaux par mode de transport-matières premières (Biens #16-30). 74

TABLEAU 4-6 : Flux interprovinciaux par mode de transport-produits bruts transformés (Biens #31-51). 75

TABLEAU 4-7 : Flux interprovinciaux par mode de transport-biens manufacturés (Biens #52-64). 76

TABLEAU 4-8 : Tonnage transporté par bien et par mode. 77

TABLEAU 4-9 : Résultats des estimations des flux observés. 86

TABLEAU 6-1 : Parts relatives des différents modes au niveau de l'ensemble des flux et échantillons retenus 104

TABLEAU 6-2 : Résultats des estimations des fonctions de coût de transport par camion 109

TABLEAU 6-3 : Valeur du logarithme de la fonction de vraisemblance associée aux six modèles pour certains groupes de marchandises. 116

TABLEAU 6-4 : Résultats des estimations du modèle I et du logit linéaire 118

TABLEAU 6-5 : Comparaisons de certaines valeurs moyennes observées et estimées à l'aide du modèle I 122

TABLEAU 6-6 : Valeur des élasticités et variations absolues des parts modales. 128

Page

TABLEAU 7-1 : Scénario #1 : Modification des coûts de transport (variations des productions domestiques provinciales). 147

TABLEAU 7-2 : Scénario #1 : Modification des coûts de transport (variations des productions domestiques zonales) 154

TABLEAU 7-3 : Scénario #2 : Modification de la demande finale (variations des productions domestiques totales). 159

TABLEAU 7-4 : Scénario #2 : Modification de la demande finale (variations des productions domestiques provinciales) 165

TABLEAU 7-5 : Scénario #2 : Modification de la demande finale (variations de certains flux O/D d'importance pour les catégories de marchandises #31, 40, 41, 48, 62, 64 et pour l'ensemble des biens) 172

TABLEAU A7-1 : Valeur unitaire des 64 catégories de biens 210

Liste des graphiques :

GRAPHIQUE 6-1 : Temps de transport en fonction de la distance pour le chemin de fer et le camion. 114

GRAPHIQUE 6-2 : Importance relative des différents statuts en fonction de la distance pour les biens #32, 40 et 44. 136

GRAPHIQUE 6-3 : Importance relative des différents statuts en fonction de la distance pour les biens #47, 52 et 54. 137

SOMMAIRE

L'impact de la demande de transport de marchandises sur les besoins en infrastructure et sur le développement régional a une portée considérable. Dans un tel contexte, on comprend facilement que les modèles de demande de transport constituent des outils de base indispensables à toute procédure de planification régionale.

C'est dans le but de répondre à ce besoin qu'a été conçu le modèle de simulation des flux de marchandises présenté dans cette thèse. Ce modèle, FRET, se compose de deux modules. Le premier, TOMM-D, est un modèle de type entropique incorporant des contraintes input/output régionales et simulant les flux domestiques interrégionaux de marchandises en fonction du système de transport et d'un scénario donné. Quant au second module, FRETNET, dans sa version définitive, il incorporera une composante de choix modal ainsi qu'un modèle d'affectation des flux sur le réseau de transport canadien. Toutefois, nous nous sommes limité à l'analyse du modèle de répartition modale, laissant l'étude du problème de l'affectation à des travaux ultérieurs. Le modèle de choix qui a été retenu est du type Box-Cox logit.

La calibration de ces modèles, réalisée à l'aide de données portant sur l'année 1979, a présenté plusieurs difficultés majeures compte tenu du niveau élevé de désagrégation utilisé, soit : 67 zones géographiques canadiennes et 88 biens et services. La construction d'une banque de données adaptée à nos besoins s'est donc révélée nécessaire.

Une des contributions importantes de cette thèse est d'ailleurs l'élaboration de cette banque, qui, à notre connaissance, constitue la source d'information la plus complète à ce jour concernant les flux domestiques de marchandises au Canada. Soulignons enfin que l'atout majeur de cette banque réside dans la comptabilisation des mouvements effectués par

le biais du camionnage privé, ce qui a nécessité l'utilisation conjointe des données du Canadian Institute of Guided Ground Transport et de la division de l'analyse structurelle de Statistique Canada.

Nos résultats ont démontré de façon encourageante les capacités de simulation du modèle TOMM-D. Par ailleurs, le travail d'estimation des modèles de choix modal nous a permis de mesurer l'importance d'introduire des transformations de Box-Cox sur les variables de choix. En effet, la formulation qui a été retenue s'est montrée significativement supérieure au logit linéaire dans la majorité des cas étudiés.

Bien que cette thèse ait permis de faire progresser de façon notable le processus de modélisation de la demande de transport au Canada, il reste toutefois plusieurs étapes à franchir avant d'en arriver à un modèle global intégrant tous les aspects de cette demande. En particulier, les prochains efforts devront porter sur les modèles d'affectation des flux sur le réseau de transport canadien et sur l'estimation des données nécessaires à leur calibration.

CHAPITRE I
INTRODUCTION

1.1 La modélisation de la demande de transport

L'impact de la demande de transport de marchandises sur la consommation d'énergie, les besoins en infrastructures ou sur le développement régional a une portée considérable. Dans un tel contexte, on comprend facilement que les modèles de demande de transport constituent des outils de base indispensables à toute procédure de planification régionale.

À cette fin, plusieurs classes de modèles se sont développées, chacune visant à traiter un aspect particulier du problème. En premier lieu, on retrouve les modèles de génération/distribution, qui s'appliquent à déterminer le niveau de la demande entre différents points. Viennent ensuite les modèles de choix modal, et enfin les modèles d'affectation qui visent à distribuer les flux de marchandises sur le réseau de transport.

Les premiers efforts de modélisation portèrent avant tout sur les problèmes de génération/distribution, avec l'apparition des modèles gravitaires, de programmation linéaire, input/output, entropiques et économétriques. Puis, compte tenu de l'amélioration de la qualité des sources de données, l'accent fut mis sur le problème du choix modal et de l'affectation.

Au niveau canadien, on retrouve plusieurs efforts de modélisation. Du côté des modèles de génération/distribution, quoique diverses méthodologies aient été utilisées, le niveau de désagrégation spatiale n'a cependant que rarement dépassé le niveau provincial. En effet, seul le "Inter Urban Commodity Flow Model Project", du ministère des Affaires urbaines du Canada (1974), utilise une base de désagrégation supérieure. Plus précisément, l'espace canadien avait alors été subdivisé en 67 zones, permettant ainsi une analyse à un niveau véritablement régional. Le modèle n'a toutefois jamais été véritablement appliqué.

En ce qui a trait aux modèles de répartition modale, les études les plus complètes sont celles de Oum (1978) et Turner (1975). Ces deux auteurs abordent le problème d'une façon fort détaillée et fondent leur analyse sur la banque de données sur le transport des marchandises du Canadian Institute of Guided Ground Transport (C.I.G.G.T.), Graham (1975), qui regroupe 67 zones géographiques et 78 catégories de marchandises.

Les résultats obtenus doivent toutefois être interprétés avec prudence puisque les données relatives au camionnage à l'intérieur de cette banque sont très incomplètes. En effet, cette information provient de l'enquête de Statistique Canada sur le camionnage pour compte d'autrui (cat. #53-224), où l'on ne considère en aucune façon les mouvements effectués par camion privé. Pourtant, près de 67% des recettes du transport routier au Canada sont attribués à ce type de transporteur[1], montant supérieur aux recettes combinées du transport de marchandises par rail et du transport routier commercial.

Au niveau des modèles d'affectation, on ne retrouve aucune étude empirique canadienne. L'absence de données complètes concernant les mouvements de marchandises importées et exportées explique dans une large mesure cette situation.

1.2 Objectifs de la thèse

L'objectif fondamental de cette thèse est d'élaborer et de calibrer un outil d'aide à la décision en matière de planification régionale au niveau canadien. Plus précisément, nous portons notre attention sur les problèmes de génération/distribution et de choix modal de la demande de transport de marchandises. Le modèle que nous présentons, FRET[2], se compose de deux modules. Le premier, TOMM-D[3], constitue une extension des travaux de Los (1980) et de Bigras, Hamelin et Nguyen (1983) et a pour objectif la détermination des flux domestiques[4] de marchandises entre 67 zones

---

1 Canada, consommation et corporation (1982).
2 Forecasting Regional Economies and Transportation.
3 Transport Oriented Multiregional Model-disaggregated version.
4 Par opposition aux mouvements de marchandises importées, exportées ou en transit.

géographiques canadiennes, alors que le second, FRETNET[1], vise à répartir ces mouvements en fonction du mode de transport utilisé. Éventuellement, ce module permettra également d'affecter les flux sur un réseau de transport multimodal.

Le modèle de niveau utilisé, TOMM-D, est de type entropique et comporte un ensemble de contraintes comptables input/output. Celles-ci permettent de tenir compte explicitement des interrelations industrielles et du caractère dérivé de la demande de transport.

En ce qui a trait au module de choix modal, nous retenons comme forme fonctionnelle un modèle logit incorporant des transformations de Box-Cox sur les variables explicatives. Cette spécification, contrairement au logit linéaire, a l'avantage de ne pas imposer de forme particulière aux fonctions d'utilité représentative des différents modes.

Les capacités de simulation et de prévision d'un modèle s'appuient sur la qualité des données et sur le cadre théorique utilisé. Suivant cette optique, parallèlement à la construction du modèle que nous présentons dans cette thèse, nous avons construit une banque de données originale qui constitue, selon nous, la source d'informations la plus complète sur les mouvements de marchandises au Canada[2]. Essentiellement, nous avons inféré, en nous basant sur la banque du C.I.G.G.T. et sur les données intersectorielles canadiennes, une matrice origine/destination pour le camionnage, le chemin de fer et le transport maritime pour chacune des 64 catégories de biens que compte notre classification. Le niveau de désagrégation spatiale s'avère également relativement élevé puisque nous considérons 67 zones[3].

---

1 FRET NETwork.

2 Le modèle utilise les données les plus récentes disponibles présentement, soit celles de l'année 1979.

3 Ces zones correspondent assez étroitement à celles utilisées par le "Inter Urban Commodity Flow Model Project" (1974).

L'information contenue dans cette banque nous permet de pallier deux carences majeures énoncées précédemment, soit, d'une part, le faible niveau de désagrégation spatiale des modèles de distribution antérieurs et, d'autre part, l'omission des mouvements effectués par camion privé. Bien que d'un intérêt théorique plutôt limité, ces corrections retrouvent toutefois toute leur pertinence dans le cadre de la construction d'un modèle opérationnel de simulation des flux de marchandises.

Le modèle peut être utilisé afin de simuler le niveau des productions régionales et la valeur des flux interrégionaux de marchandises par mode à la suite de différents scénarios. Ainsi, l'impact d'une variation de la demande finale d'un ou de plusieurs biens, et ce pour une région donnée ou pour l'ensemble du pays, peut être mesuré. Les niveaux des exportations, des importations, des coûts de transport ou de la production régionale peuvent également être modifiés afin d'en simuler les effets sur la demande de transport.

1.3 Structure du rapport de thèse

À l'intérieur de ce chapitre, nous avons précisé les objectifs de la thèse et présenté sommairement le cadre méthodologique adopté. Le second chapitre, tout en présentant une revue critique des principaux types de modèles de génération/distribution et de choix modal, permet de justifier et de préciser la forme des deux modules composant le modèle global que nous utilisons. Plus spécifiquement, le module de génération/distribution TOMM-D fait l'objet du chapitre III, alors que le chapitre VI traite du module de choix modal FRETNET.

Le chapitre IV aborde la question de la sensibilité de la demande de transport par rapport aux coûts de transport et présente la procédure utilisée lors de la construction des matrices origine/destination. Puis, au chapitre V, nous décrivons l'algorithme de résolution du module de génération/distribution.

Enfin, le chapitre VII présente les résultats relatifs à deux scénarios. L'un porte sur une variation des coûts de transport alors que l'autre simule une modification du niveau des demandes finales.

CHAPITRE II

REVUE DE LA DOCUMENTATION ET CADRE MÉTHODOLOGIQUE ADOPTÉ

La résolution des problèmes relatifs à la demande de transport nécessite l'utilisation d'un large éventail de modèles. Toutefois, comme l'objectif de cette thèse vise à la conception d'un modèle de génération/distribution/choix modal, nous limitons notre revue à ces seuls aspects de la problématique. Les modèles de distribution, de génération/distribution et de génération/distribution/choix modal font l'objet de la première section de ce chapitre, alors que la seconde aborde le problème plus spécifique du choix modal.

Enfin, tout au long du chapitre, nous précisons l'approche que nous entendons privilégier.

2.1 Modèles de niveau

Appliqués principalement à la détermination du flux global de marchandises entre différentes régions géographiques, les modèles de niveau dont fait état la documentation souscrivent à une foule d'approches. De type descriptif ou normatif, ils sont généralement statiques (à l'exception des modèles de série chronologique) et agrégés. Par ailleurs, comme plusieurs d'entre eux ont leur origine dans la modélisation des flux interurbains de passagers, ils ne permettent pas une prise en compte des relations interindustrielles unissant les différents secteurs économiques. Cette omission, dans le cas du transport des marchandises, conduit alors à une modélisation très partielle de la réalité. Toutefois, selon l'hypothèse de fonctions de production linéaires et régionalisées, l'analyse input/output a permis de contourner cette difficulté.

Afin de préciser davantage les caractéristiques de ces différents modèles, nous les présenterons dans cette section selon leur appartenance aux cinq approches méthodologiques suivantes :

- modèles de programmation;
- modèles de régression et de série chronologique;
- modèles entropiques;
- modèles input/output;
- modèles entropiques avec contraintes input/output.

2.1.1 Modèles de programmation

Cette première catégorie englobe différents types de modèles de programmation mathématique, dont l'exemple classique nous est donné par le problème suivant : soit une économie composée de régions où la demande et la production pour un bien k sont connues pour chaque région, quels sont les flux de bien k satisfaisant les contraintes de demande et de production, tout en minimisant les coûts de transport globaux du système? Les tentatives d'approximation des flux réels par ce type de modèle sont nombreuses. On retrouve entre autres les travaux de Baranov et Matlin (1981), O'Sullivan et Ralston (1974), Chrisolm et O'Sullivan (1973) et Mera (1971).

Cette approche atteint toutefois rapidement ses limites. En effet, la fonction objectif utilisée suppose que l'ensemble des expéditeurs agira de façon à minimiser les coûts de transport globaux du système. C'est donc faire abstraction de toute motivation individuelle chez ces agents. De plus, la solution d'un programme linéaire n'autorisant pas de flux croisés, ceci suppose un maximum de $n+m-1$ flux positifs pour un système comportant n origines et m destinations.

Cette situation est peu restrictive lorsque les biens sont relativement homogènes. Cependant, nous utilisons dans cette thèse une catégorisation ne comptant que 64 groupes de biens pour représenter la production totale de l'économie, signifiant ainsi qu'une approche basée sur la programmation linéaire se révélerait complètement irréaliste.

L'introduction des modèles d'équilibre spatial a permis d'ajouter un certain réalisme au problème précédent. En effet, alors que le problème de transport classique fixe de façon exogène le niveau des demandes et des capacités de production régionale, les modèles d'équilibre spatial utilisent pour chaque région des fonctions d'offre et de demande préalablement estimées. Les flux commerciaux interrégionaux sont donc fonction des conditions d'offre, de demande ainsi que du niveau des coûts de transport. La détermination des niveaux de production et de consommation, des prix ainsi que des volumes des biens échangés s'effectue donc simultanément.

Takayama (1971), s'inspirant de Enke (1951) et Samuelson (1952), propose une formulation mathématique du problème d'équilibre spatial. En ne tenant pas compte de la formation des revenus ni des contraintes de balance de paiement au niveau régional, on obtient le modèle suivant dans le cas d'un seul bien :

$$\max \quad W = \sum_i \int_0^{y_i} d_i(\eta_i)d\eta_i - \int_0^{x_i} s_i(\xi_i)d\xi_i \; - \sum_i \sum_j c_{ij}x_{ij} \qquad (2.1)$$

$$\text{s.à.} \quad \sum_{j=1}^{n} x_{ji} \geq y_i \qquad \text{pour tout } i \qquad (2.2)$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leq x_i \qquad \text{pour tout } i \qquad (2.3)$$

$$x_i,\ y_i \text{ et } x_{ij} \geq 0 \qquad \text{pour tout } i$$

On suppose ici que les fonctions de demande et d'offre pour une zone i, soit $P_i = d_i(y_i)$ et $P^i = s_i(x_i)$, sont continues, différentiables et respectivement monotones décroissantes et croissantes.

La fonction de quasi-bien-être W, représente la différence entre la somme des surplus des producteurs et des consommateurs et les coûts de transport globaux. Puisque W est concave et que les contraintes (2.2) et (2.3) sont linéaires, les conditions de Kuhn et Tucker sont alors nécessaires et suffisantes pour un optimum global.

Pour un problème régulier (y_i et $x_i \neq 0$ à l'optimum), ces conditions correspondent à un optimum de Pareto communautaire et implique que si un flux $x_{ij} \neq 0$ existe à l'optimum, le différentiel de prix entre le marché i et le marché j sera égal au coût de transport entre ces deux régions.

Florian et Los (1981), proposent une formulation plus générale où l'on conserve uniquement les contraintes de non-négativité sur les flux; les contraintes sur l'offre et la demande constituent maintenant les bornes supérieures des intégrales contenues dans la fonction W. Cette modification du modèle initial permet d'aborder le problème de l'équilibre spatial sous la forme d'un problème de réseau. Celui-ci peut donc être étendu de façon à inclure les liens réels du système ainsi que des fonctions de coût non linéaires; ceci permet alors de déterminer de façon endogène les routes et les coûts de transport.

Étant donné l'imposant travail d'estimation des fonctions d'offre et de demande, les applications du modèle de Takayama et Judges ont été limitées au cas d'un seul produit. On retrouve dans Judges et Takayama (1973) plusieurs de ces applications portant principalement sur des produits agricoles, de façon à s'assurer d'une certaine homogénéité en ce qui concerne les biens. Le haut degré d'hétérogénéité de plusieurs des catégories de marchandises que compte notre classification ne nous permet toutefois pas d'employer cette approche.

2.1.2 Modèles de régression et de série chronologique

Parmi les premières applications dans le domaine du transport des marchandises, citons les travaux de Sloss (1971), Herenden (1969) et Quandt et Baumol (1966). Ces derniers utilisent une spécification de la forme suivante :

$$V_{ijm} = A_o P_i^{a_1} P_j^{a_2} Y_i^{a_3} Y_j^{a_4} M_i^{a_5} M_j^{a_6} N_{ij}^{a_7} (T_{ij})^{b_o} (T_{ijm})^{b_1} (C_{ij})^{d_o} (C_{ijm})^{d_1} \quad (2.5)$$

où :

V_{ijm} représente le flux de marchandises allant de la région i à la région j par le mode m.

P_i, P_j représentent la population des régions d'origine et de destination.

Y_i, Y_j représentent la production régionale brute des régions d'origine et de destination.

M_i, M_j représentent des indices de caractère industriel tel le pourcentage de la main-d'oeuvre employée dans les mines et les manufactures.

T_{ij} représente le temps de trajet de i à j par le mode le plus rapide.

T_{ijm} représente le temps de trajet de i à j par le mode m divisé par T_{ij}.

C_{ij} représente le coût de transport de i à j par le mode le moins coûteux.

C_{ijm} représente le coût de transport de i à j par le mode m divisé par C_{ij}.

N_{ij} représente le nombre de modes concurrents desservant le trajet allant de i à j.

Ce modèle a deux composantes principales, la première sert de modèle de prévision de la demande par le biais des variables de populations, productions régionales et indices industriels (étape de génération), tandis que la seconde a pour objet la distribution et le choix modal. Ce deuxième objectif se réalise par l'inclusion de variables caractérisant les modes sous l'aspect du coût et de la qualité du service.

Au Canada, les modèles économétriques de régression et les modèles de série chronologique ont été largement utilisés dans une série d'études effectuées par la Commission canadienne des transports (C.C.T., 1976 et 1978). Celle-ci fait usage de ces deux techniques afin de prévoir le volume des flux, pour un certain groupe de marchandises, entre cinq régions du Canada, les États-Unis, l'Europe, le Japon et l'Amérique latine, par bateau et par chemin de fer.

Les modèles de série chronologique employés ne reposent que sur l'observation des flux passés; ils sont donc inutilisables à des fins de simulation. Les modèles de régression incorporent cependant différentes variables expliquant le volume des flux par mode entre chaque paire origine/destination. Par exemple, les mouvements de blé par chemin de fer entre une origine et une destination données sont exprimées en fonction de la production excédentaire de blé dans la région de départ, de la dépense de consommation en aliments dans la zone de destination et du tarif entre les deux zones par le mode considéré.

Pour un bien et un mode donnés, chaque paire fait l'objet d'une équation et toutes les équations par rapport à un bien sont estimées simultanément.

Dans ce modèle, contrairement à tous ceux vus précédemment, il est tenu compte des interrelations entre la demande de transport des différents biens. Par exemple, à l'intérieur de l'équation expliquant le flux de la catégorie "autres grains" entre l'Ouest canadien et l'Ontario, on a pris soin d'inclure la production "d'animaux vivants" de la province de destination. Ceci se justifie puisque les "autres grains" sont majoritairement transformés en nourriture pour animaux.

Cet effort de modélisation des relations interindustrielles, quoique louable, s'avère cependant très incomplet. En effet, dans le modèle on devrait plutôt inclure comme variables explicatives les niveaux de production de l'ensemble des industries utilisant la catégorie "autres grains" comme intrant.

Une telle spécification atteindrait toutefois assez rapidement un haut niveau de complexité. Une façon plus adéquate de tenir compte des relations interindustrielles consiste plutôt à utiliser la méthode input/output, qui fait l'objet de la section 2.1.4.

Par ailleurs, notons que les équations visant à déterminer les flux par chemin de fer n'incorporent aucune variable permettant de tenir compte de la concurrence que se font le rail et le camionnage. Ce niveau de concurrence variant, tant d'un marché à l'autre que d'une année à l'autre, les résultats qu'obtient la C.C.T. se trouvent ainsi biaisés.

2.1.3 Modèles entropiques

Le concept d'entropie, familier aux théories de l'information et de la thermodynamique, fournit un cadre d'analyse utile pour l'étude d'une classe intéressante de modèles de distribution, dont le plus utilisé fut le modèle de gravité. Murchland (1966), semble être le premier auteur à avoir démontré que le modèle de gravité pouvait être obtenu d'un problème équivalent de maximisation. Par la suite, de nombreux auteurs ont formulé divers modèles de maximisation de l'entropie.

Dans le cas d'un modèle de transport, une façon pratique de définir le concept d'entropie consiste à utiliser les quantités P_{ij} obtenues en divisant le flux f_{ij} entre les zones i et j par la somme des flux du système considéré, soit $\sum_i \sum_j f_{ij}$. La quantité P_{ij} est considérée comme la probabilité jointe d'avoir un flux produit en i et à destination de la zone j, sous les contraintes suivantes :

$$0 < P_{ij} < 1 \tag{2.6}$$

$$\sum_i \sum_j P_{ij} = 1 \tag{2.7}$$

L'entropie de ce système s'exprime de la manière suivante :

$$H = - \sum_i \sum_j P_{ij} \ln P_{ij} \tag{2.8}$$

On utilise également cette définition en thermodynamique, Boltzman (1875), et en théorie de l'information, Shannon (1948). Pour ce dernier, elle représente l'information manquante ou l'incertitude dans une distribution de probabilités. Les modèles de distribution entropiques s'appuient

donc sur le principe stipulant que la distribution contenant le plus grand niveau d'incertitude est celle permettant d'estimer les flux d'un système tout en minimisant le biais d'estimation.

À titre d'exemple, supposons que l'on ne possède pas d'information relative à la distribution des flux d'un système ayant m origines et n destinations. Le modèle entropique correspondant à cette situation consiste à maximiser (2.8) sujet à (2.7). Le lagrangien équivalent s'écrit :

$$L(P_{ij}, \lambda) = -\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} P_{ij} \ln P_{ij} - \lambda \left(\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} P_{ij} - 1\right) \qquad (2.9)$$

les conditions du second premier sont :

$$\frac{\partial L}{\partial P_{ij}} = -\ln P_{ij} - 1 - \lambda = 0 \qquad (2.10)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = -\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} P_{ij} + 1 = 0 \qquad (2.11)$$

et la solution de ce problème est $P^{*}_{ij} = 1/(mn)$.

En l'absence d'information a priori sur la distribution des flux, ceux-ci seront donc distribués également, sans égard aux zones en cause. Dans la plupart des problèmes de distribution, différentes informations ayant trait à l'attraction et à la production des flux sont cependant disponibles au niveau de chacune des zones. Le lagrangien de ce problème modifié s'écrit de la façon suivante :

$$L(P_{ij}, \Theta_i, \mu_j, \lambda) = -\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} P_{ij} \ln P_{ij} - \sum_{i=1}^{m} \Theta_i \left(\sum_{j=1}^{n} P_{ij} - U_i\right)$$
$$- \sum_{j=1}^{n} \mu_j \left(\sum_{i=1}^{m} P_{ij} - V_j\right) - \lambda \left(\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} P_{ij} - 1\right) \qquad (2.12)$$

où : $U_i = \frac{O_i}{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} f_{ij}}$, $v_j = \frac{D_j}{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} f_{ij}}$ et D_i et O_i représentent respectivement la demande et l'offre de bien par la zone i.

Si maintenant l'information a priori inclut la distribution de fréquence des coûts de transport, le lagrandien prend la forme suivante :

$$L(P_{ij}, \Theta_i, \mu_j, \lambda, \gamma(t)) = -\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} P_{ij} \ln P_{ij} - \sum_{i=1}^{m} \Theta_i \left(\sum_{j=1}^{n} P_{ij} - U_i\right)$$

$$- \sum_{j=1}^{n} \mu_j \left(\sum_{i=1}^{m} P_{ij} - v_j\right) - \lambda\left(\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} P_{ij} - 1\right) \quad (2.13)$$

$$- \sum_{t} \gamma(t) \left(\sum{}' P_{ij} - P(t)\right)$$

Dans ce problème, la distribution de fréquence des coûts de transport associés aux flux est connue et fixée de la façon suivante :

P(t) est le pourcentage des mouvements de coût C_{ij} dans le domaine $t \leq C_{ij} < t + \Delta t$, ou Δt est une valeur d'augmentation préalablement choisie. La contrainte pour un intervalle donné sera donc $P(t) = \sum' P_{ij}$, où la sommation $\sum'$ est appliquée à tous les P_{ij} pour lesquels $t \leq C_{ij} < t + \Delta t$.

On peut ensuite, après diverses manipulations des conditions du premier ordre, montrer que ce problème correspond au modèle gravitaire (Potts et Oliver, 1972).

C'est ce dernier modèle d'interaction spatiale qui a le plus souvent été testé empiriquement. Les travaux de Mera (1971), Chrisholm et O'Sullivan (1973), O'Sullivan et Ralston (1974), Nijkamp (1975) et Pitfield (1978) permirent d'établir des comparaisons entre ce type de modèles d'interactions spatiales et les modèles de programmation linéaire. Ces premiers résultats ne parvinrent toutefois pas à démontrer la supériorité d'un modèle sur l'autre, les résultats variant d'un bien à l'autre. Compte tenu

de l'incapacité du modèle linéaire à produire des flux croisés, on observa cependant une corrélation positive entre l'efficacité de celui-ci et le degré d'homogénéité des biens.

Plus récemment, les travaux de Pitfield (1978), Vermot-Desroches (1979) et Peschel (1980) mettent sérieusement en doute la capacité de ces modèles à simuler les flux de marchandises. Différents facteurs peuvent expliquer le peu de succès des modèles d'interactions spatiales. Tout d'abord le niveau d'agrégation des biens et des régions semble avoir un impact non négligeable, Gordon (1976). Le peu d'importance donné aux facteurs institutionnels et historiques explique également dans une certaine mesure la faiblesse du modèle gravitaire. Enfin, mentionnons l'incapacité de ces modèles à considérer les interrelations unissant les flux des différentes catégories de biens. C'est d'ailleurs pour répondre à cette dernière critique que l'analyse input/output a été développée.

2.1.4 Modèles input/output

L'analyse input/output fut développée par Léontief (1936) afin d'analyser les flux de commerces interindustriels. L'utilisation de cette méthode repose sur l'observation des flux de marchandises entre les différents secteurs de l'économie, de façon à obtenir une matrice de coefficients techniques exprimant la quantité d'input nécessaire à la production des différents outputs. On utilise des coefficients fixes à l'intérieur du modèle; on suppose donc qu'il n'y a pas d'économie d'échelle et que le processus technologique de production ne se modifie pas dans le temps.

L'analyse input/output perd ainsi de son intérêt pour les prévisions à long terme ou à la suite d'importantes variations de production pouvant entraîner une modification des coefficients techniques.

Analytiquement, le modèle input/output classique s'écrit de la façon suivante :

Soit : X, un vecteur d'outputs sectoriels

Y, un vecteur de demandes finales

I, une matrice identité

et A, la matrice des coefficients techniques de production,

la production du système économique peut être représentée comme suit :

$$X = AX + Y \tag{2.14}$$

où la production des différents secteurs économiques (X) est égale à la somme des demandes intermédiaires de biens (AX) et de la demande finale de consommation (Y). La solution du système est donnée par :

$$X = (I-A)^{-1}Y \tag{2.15}$$

où la demande finale détermine la production de l'ensemble de l'économie.

Isard (1951), donne une dimension spatiale au modèle de Léontief en différenciant les secteurs économiques selon leurs régions de localisation. Cet exercice ne constitue qu'une généralisation du modèle initial et donne lieu à la création de coefficients de la forme a_{ij}^{mn}, qui représentent la quantité de produits du secteur m de la région i nécessaire par unité d'output de l'industrie n dans la région j. L'imposante quantité de données nécessaires au calcul des a_{ij}^{mn} a toutefois limité l'utilisation de ce modèle à quelques cas ne contenant qu'un faible nombre de secteurs et de régions, Riefler (1973).

On retrouve dans la documentation différentes tentatives d'approximation des coefficients a_{ij}^{mn}. Moses (1952) et Léontief (1953) regroupent les activités en industries nationales et locales, ces dernières n'effectuant pas de commerce interrégional, et estiment les coefficients a_{ij}^{mn} de la façon suivante :

$$a_{ij}^{mn} = (a_j^{mn}) \cdot \ell_i^m$$

où :

ℓ_i^m : représente un coefficient de localisation obtenu du rapport de la production du secteur m dans la région i sur l'output national du secteur m.

a_j^{mn} : représente un coefficient technique régional.

Outre la difficulté à discriminer les entreprises locales et nationales, les coefficients commerciaux ainsi calculés n'introduisent pas la distance comme facteur de distribution des flux. L'approche de Moses et Léontief ne nécessite pas la connaissance des flux x_{ij}^m entre les différentes régions, mais conduit cependant à des coefficients peu vraisemblables. Chenery (1956) et Moses (1955) incorporent cette information et proposent un calcul des a_{ij}^{mn} beaucoup plus réaliste. Le coefficient input/output interrégional a_{ij}^{mn} s'obtient du produit d'un coefficient technologique régional a_j^{mn} par un coefficient commercial t_{ij}^{mn} :

$$a_{ij}^{mn} = a_j^{mn} \cdot t_{ij}^{mn}$$

Le coefficient a_j^{mn} est généralement connu tandis que le coefficient commercial doit être estimé de la façon suivante :

$$t_{ij}^{mn} = x_{ij}^m / x_j^m$$

où :

x_{ij}^m : représente le flux de biens produits par le secteur m entre les régions i et j.

x_j^m : représente l'output total du secteur m utilisé dans la région j.

Cette hypothèse suppose des structures commerciales stables ainsi que l'uniformité des relations commerciales pour tous les secteurs à l'intérieur d'une région. Malgré cette hypothèse d'uniformité, que Moses (1952) et Polenske (1966) jugent restrictives pour certains secteurs particuliers, et en dépit de la rigidité des coefficients face à une modification des coûts de transport, cette approche a été celle retenue par le plus grand nombre d'auteurs.

On retrouve dans Miernik (1972), Riefler (1973) et Snickars (1981) une revue de toute une gamme de modèles souscrivant à cette hypothèse. Au Canada, les travaux de Hartwick (1969), du MEER (1976, 1977), de Van Peeterssen (1979) et Courville (1979), ainsi que le modèle input/output canadien (Hoffman et Kent, 1976; Gaston, 1979) reposent sur cette approche.

Riefler et Tiebout (1970) ont proposé une approche ne conservant l'hypothèse de Chenery-Moses qu'au niveau du commerce interrégional. C'est donc dire que le pourcentage d'approvisionnement interrégional peut varier d'un secteur à l'autre. Cette amélioration nécessite cependant la connaissance de la structure input/output intrarégionale, soit les coefficients a_{ij}^{mn}. Cette information n'est cependant pas disponible pour l'ensemble des régions, ce qui a limité l'utilisation de la méthode.

L'approche de Léontief et Strout (1963) se révèle toutefois plus intéressante puisque le rôle de la distance comme facteur explicatif des flux interrégionaux se trouve explicitement modélisé.

Les contraintes comptables input/output associées à ce modèle sont les suivantes :

$$\sum_{j=1}^{R} x_{ji}^{m} = \sum_{n=1}^{M} \sum_{j=1}^{R} a_{i}^{mn} x_{ij}^{n} + Y_{i}^{m} \qquad \begin{matrix} i=1,\ldots,R \\ m=1,\ldots,M \end{matrix} \qquad (2.16)$$

où a_i^{mn} est un coefficient technique régional, Y_i^m la demande finale pour l'output du secteur m dans la région i et x_{ij}^m le flux d'output du secteur m entre les régions i et j.

La représentation des flux interrégionaux n'est donc plus liée ici aux coefficients input/output commerciaux (a_{ij}^{mn}) mais à une expression gravitaire de la forme suivante :

$$x_{ij}^m = \frac{\sum_j x_{ij}^m \cdot \sum_i x_{ij}^m}{\sum_i \sum_j x_{ij}^m} \cdot Q_{ij}^m \qquad (2.17)$$

sujette aux contraintes input/output (2.16) et où Q_{ij}^m représente une constante empirique reflétant le coût de transport entre les régions i et j pour la production du secteur m. Le calcul des termes Q_{ij}^m s'effectue à partir des flux interrégionaux pour une année de base. En l'absence de telles données, les auteurs proposent toutefois une méthode d'estimation des valeurs Q_{ij}^m.

Léontief et Strout ont restreint leur utilisation du modèle à des situations ne comportant que quelques secteurs. Il faut attendre les travaux de Brodersohn (1965), pour l'Argentine, et de Polenske (1970) pour le Japon, pour obtenir des applications au niveau de l'ensemble des secteurs d'une économie. Polenske (1972) a, par ailleurs, réalisé une étude comparative des hypothèses de Chenery-Moses et Léontief-Strout, sans toutefois observer de différence notable quant aux résultats obtenus par l'une ou l'autre de ces deux méthodes.

On retrouve également des applications de la méthode de Léontief-Strout au Royaume-Uni, Gordon (1977), aux Pays-Bas, Oosterhaven (1981), et au Japon, Suzuki (1978). La jonction du modèle de Léontief-Strout avec le concept d'entropie, Wilson (1970), a toutefois permis d'améliorer le rendement de ce modèle et des modèles input/output interrégionaux

de façon générale. Cette question fait l'objet de la section suivante et constitue la base sur laquelle s'appuie le modèle que nous utilisons dans cette thèse.

2.1.5 Modèles entropiques avec contraintes input/output

Wilson (1970) reformule le modèle de Léontief-Strout de la façon suivante :

$$\min_{(x_{ij}^m)} \sum_{i=1}^{R} \sum_{j=1}^{R} \sum_{m=1}^{M} x_{ij}^m \ln x_{ij}^m \qquad (2.18)$$

$$\text{s.à} \quad \sum_{j=1}^{R} x_{ji}^m = \sum_{n=1}^{M} \sum_{j=1}^{R} a_i^{mn} x_{ij}^n + Y_i^m \qquad \begin{matrix} i=1,\ldots,R \\ m=1,\ldots,M \end{matrix} \qquad (2.19)$$

$$\sum_{i=1}^{R} \sum_{j=1}^{R} x_{ij}^m c_{ij}^m = c_i^m \qquad m=1,\ldots,M \qquad (2.20)$$

où l'expression (2.19) représente les contraintes comptables input/output et (2.20) nous assure que les coûts totaux de transport de l'output de chacun des secteurs m seront égaux à une valeur c^m fixée de façon exogène.

Bien que les relations techniques input/output soient fixes, ce modèle n'impose toutefois pas la stabilité des flux commerciaux et permet la substitution des marchés pour la vente des outputs et l'achat des inputs. La relation entre le choix du marché et le coût de transport est cependant peu explicite.

Cette version du modèle de Wilson n'a jamais été implantée. On retrouve cependant plusieurs auteurs ayant suivi cette voie. Ainsi Anderson (1975), Anderson et Persson (1979) et Karlqvist et al. (1978), se sont inspirés de cette formulation dans l'élaboration de modèles dynamiques de la croissance et du développement régional, pour la Suède et l'Australie respectivement. Los (1980), s'inspirant des travaux de Léontief, Strout et

Wilson, propose, quant à lui, le modèle de simulation des flux de marchandises TOMM, (Transportation-Oriented Multiregional economic Model).

Ce modèle, basé sur le concept d'information, est formulé comme un problème convexe à contraintes linéaires. La formulation générale du modèle est la suivante :

$$\max \sum_{k=1}^{K} \sum_{i=1}^{R} \sum_{j=1}^{R} \tau_{ij}^{k} x_{ij}^{k} - \gamma \sum_{k=1}^{K} \sum_{i=1}^{R} \sum_{j=1}^{R} x_{ij}^{k} \ell n\left(\frac{x_{ij}^{k}}{z_{ij}^{k}}\right) \qquad (2.21)$$

$$\text{s.à} \quad \sum_{j=1}^{R} x_{ji}^{k} = \sum_{j=1}^{R} \sum_{h=1}^{K} \alpha_{i}^{kh} x_{ij}^{h} + \psi_{i}^{k} \qquad \begin{matrix} i=1,\ldots,R \\ k=1,\ldots,K \end{matrix} \qquad (2.22)$$

$$\sum_{k=1}^{K} \sum_{i=1}^{R} \sum_{j=1}^{R} x_{ij}^{k} = T \qquad (2.23)$$

$$x_{ij}^{k} > 0 \qquad \begin{matrix} i,j=1,\ldots,K \\ k=1,\ldots,K \end{matrix} \qquad (2.24)$$

où :

$\tau_{ij}^{k}, (i,j=1,\ldots R;\ k=1,\ldots,K)$

représente le bénéfice brut obtenu en produisant un dollar du bien k dans la région i, destiné à la région j (ce profit tient compte du coût de transport).[1]

$z_{ij}^{k}, (i,j=1,\ldots R;\ k=1,\ldots,K)$

représente le flux observé du bien k entre les régions i et j pendant l'année de base.

$\alpha_{i}^{kh}, (i=1,\ldots R;\ k,h=1,\ldots,K)$

est une mesure des besoins domestiques totaux du bien k par dollar d'output du bien h dans la région i.

---

[1] Les R zones considérées dans ce modèle correspondent aux provinces canadiennes.

x^k_{ij},(i,j=1,...R; k,h=1,...,K)

représente le flux du bien k entre les zones i et j.

ψ^k_i,(i=1,...R; k=1,...,K)

représente la demande finale du bien k dans la région i.

T représente la valeur totale des transactions intérieures de l'économie pendant l'année de projection.

Le premier terme de la fonction objectif indique le bénéfice brut de la production de tous les biens. Le second est un terme entropique qui répond à deux impératifs :

1⁰) Il rapproche la solution optimale des flux observés, ce qui est conforme à l'inertie existant dans le système économique.

2⁰) Il tient compte des facteurs institutionnels ou autres non inclus dans le modèle et des problèmes d'agrégation, tout en adoucissant le caractère tout-ou-rien de la solution optimale du problème linéaire.

Cette version simplifiée du modèle original n'inclut pas de contraintes de capacité de production ou de main-d'oeuvre. Dans la mesure où ces contraintes sont actives, on obtient donc un outil de planification à moyen terme plutôt qu'à court terme.

Notons que Los établit une distinction entre biens commercialisables (qui sont déplacés d'une région à l'autre), services (qui sont produits et consommés dans la même région) et services de transport. La production de ces derniers n'est pas obtenue par le biais de coefficients techniques fixes mais à partir des résultats d'un modèle de transport, Los et Nguyen (1980). Le module de transport permet de plus de répartir les flux interprovinciaux de marchandises, obtenus du modèle TOMM, sur l'ensemble du réseau de transport canadien entre les 67 zones géographiques. Cette distinction entre biens et services sur laquelle nous reviendrons au

chapitre suivant, permet d'exprimer le modèle TOMM uniquement en termes de flux de biens commercialisables.

La fonction objectif du modèle pose cependant un problème au niveau de la calibration du paramètre γ. En effet, les valeurs z_{ij}^k respectant les contraintes tout en satisfaisant le critère de calibration, une solution triviale consiste à ne tenir compte que du terme entropique en fixant $x_{ij}^k = z_{ij}^k (i,j=1,\ldots,R;\ k=1,\ldots,K)$, c'est-à-dire en donnant à γ une valeur infinie. Cette solution s'avère cependant peu satisfaisante puisque le terme normatif explique sûrement en partie les flux interrégionaux. Cette particularité, soulevée par Bigras et al. (1983), a conduit à la reformulation suivante de la fonction objectif du modèle :

$$\min \sum_{k=1}^{K} \sum_{i=1}^{R} \sum_{j=1}^{R} x_{ij}^k \, \ell n\left(\frac{x_{ij}^k}{\tilde{z}_{ij}^k}\right) \qquad (2.25)$$

La partie normative basée sur la maximisation du profit brut a été éliminée. Il n'y a donc plus de paramètre à calibrer. Également, on ne se sert plus comme valeur a priori des flux observés, mais de flux estimés à partir d'une régression des flux observés sur un ensemble de variables socio-économiques. L'aspect normatif du modèle TOMM est maintenant introduit dans l'explication des flux a priori $\tilde{z}_{ij}^k$ et à chaque bien correspond une régression de la forme suivante :

$$\tilde{z}_{ij}^k = f(C_{ij}^k, P_i^k, A_j^k) \qquad (2.26)$$

où :

$C_{ij}^k, (i,j=1,\ldots R;\ k,h=1,\ldots,K)$

représente le coût de transport de la zone i à la zone j pour une unité du bien k.

p_i^k,(i=1,...R; k=1,...,K)

représente la production nette de la zone i pour le bien k.

A_j^k,(j=1,...R; k=1,...,K)

représente la consommation nette de la zone j pour le bien k.

Ainsi, à la suite d'une variation des coûts de transport sur un ou plusieurs des liens du réseau, ou d'une modification de la production d'une région, le modèle permet de corriger les flux a priori pour tenir compte des modifications apportées à la situation de base.

Bigras (1985) a obtenu des résultats qui confirment la supériorité de cette spécification (le modèle TOMM-2) sur trois modèles : la version de Wilson du modèle Léontief-Strout, un modèle entropique pur et un modèle linéaire de minimisation des coûts totaux de transport.

Rappelons que le modèle TOMM-2 fournit comme solution les valeurs des flux interprovinciaux pour chaque bien. Un deuxième module est donc nécessaire pour scinder ces mouvements entre les 67 zones canadiennes. Bigras propose une simple décomposition par le biais d'une fonction entropique pour chacun des biens, tout en tenant compte de l'importance relative des diverses zones constituant une province.

2.1.5.1 Modifications apportées au modèle de génération/distribution TOMM-2

Le modèle TOMM-2 demeure un outil ne permettant que difficilement l'analyse de scénarios à l'échelle infraprovinciale. De plus, certains éléments de la formulation actuelle du modèle présentent des difficultés. Afin de pallier ces lacunes, nous présentons quatre modifications que nous avons apportées à cette formulation. Ces améliorations ont donné lieu à la création du modèle TOMM-D (version désagrégée du modèle TOMM-2) qui sera utilisé dans le cadre de cette thèse et dont on retrouve une analyse complète au chapitre suivant. Certaines de ces modifications sont essentielles, tant d'un point de vue théorique que pratique, à la réalisation du

premier objectif que nous nous sommes fixé, soit la mise au point d'un modèle opérationnel de génération/distribution fonctionnant à l'échelle infraprovinciale.

1⁰) La procédure de décomposition des flux interprovinciaux que l'on retrouve dans le modèle TOMM-2 et qui, de l'avis même de l'auteur, est nettement insuffisante, est revue et corrigée dans cette thèse. Le module de génération/distribution ne détermine plus les flux au niveau provincial, mais directement au niveau zonal. Cette nouvelle approche nous apparaît essentielle, puisque l'utilisation d'un modèle input/output provincial ne permet pas une analyse adéquate des effets d'une variation de la demande finale ou des coûts de transport associés à une zone. Par exemple, à la suite de la variation d'une demande finale provinciale, ce type de modèle conduit à la même solution, peu importe la zone d'où provient la variation de la demande. Or, la position géographique d'une zone à l'intérieur d'une province a un impact au niveau de ses échanges avec les autres provinces. La version désagrégée du modèle (TOMM-D) permet de tenir compte de cette particularité.

2⁰) Un deuxième point à souligner concerne la détermination des valeurs a priori $\tilde{z}^k_{ij}$ que l'on retrouve dans la fonction objectif du modèle TOMM-2. Dans le cas d'un scénario ne modifiant pas la distribution des flux a priori, telle une variation des demandes finales, les valeurs $\tilde{z}^k_{ij}$ utilisées correspondent aux valeurs observées. Par contre, à la suite d'un scénario impliquant par exemple des modifications des coûts de transport, les valeurs a priori utilisées s'obtiennent par le biais des régressions (2.26) puisque le coût de transport, contrairement à la demande finale, a un impact sur la distribution a priori des flux.

Cette façon de faire soulève toutefois plusieurs questions lorsque les scénarios analysés impliquent des variations des valeurs a priori. Ainsi, à la suite d'une variation des coûts de transport, la différence entre la valeur observée et la valeur $\tilde{z}^k_{ij}$ estimée se compose de deux

parties. La première tient compte de la variation du coût de transport, alors que la deuxième est imputable à l'erreur d'estimation des flux $\tilde{z}^k_{ij}$. On peut facilement imaginer une situation où l'erreur d'estimation serait supérieure et de signe contraire à la variation induite par la modification des coûts de transport. Une hausse des coûts de transport entre deux régions pourrait donc se traduire par une augmentation du flux a priori correspondant.

La formulation que nous proposons à la section 3.1 corrige cette anomalie. À cet effet, les valeurs a priori utilisées sont essentiellement les flux observés auxquels une correction a été appliquée, de façon à tenir compte des différents scénarios. Les coefficients obtenus des régressions (2.26) déterminent l'ampleur de cette correction.

Cette procédure a le double avantage d'utiliser au maximum l'information contenue dans les flux observés et de réduire au minimun l'erreur d'estimation introduite dans le modèle.

3^0) Les deux dernières modifications que nous avons tenu à apporter au modèle TOMM-2 permettent de reformuler le programme mathématique décrit par les équations (2.22) à (2.25) d'une manière plus cohérente.

La première correction se situe au niveau de la contrainte (2.23) stipulant que la somme des flux dans l'économie doit être égale à une valeur T prédéterminée. Dans l'état actuel des choses, cette contrainte doit être supprimée lors de scénarios impliquant des modifications de la demande finale (puisque T varie) et conservée dans les cas contraires. De plus, à la suite d'une variation des coûts de transport, on peut facilement imaginer une réorganisation de la production pouvant conduire à une variation de la somme totale des flux dans l'économie. La contrainte (2.23) imposerait donc une restriction plutôt inopportune dans une telle situation. Le module de génération/distribution du modèle TOMM-D omet donc cette contrainte.

La seconde correction se situe au niveau de la fonction objectif du modèle qui, rappelons-le, a la forme suivante :

$$\min \sum_{i=1}^{R} \sum_{j=1}^{R} \sum_{k=1}^{K} x_{ij}^{k} \, \ell n\left(\frac{x_{ij}^{k}}{\tilde{z}_{ij}^{k}}\right) \qquad (2.25)$$

En l'absence de contrainte, la solution obtenue des conditions d'optimalité du premier ordre pour (2.25) est la suivante :

$$x_{ij}^{k} = \tilde{z}_{ij}^{k} \cdot e^{-1} \qquad \begin{matrix} i,j=1,\ldots,R \\ k=1,\ldots,K \end{matrix}$$

Toutefois, la présence des contraintes input/output nous assure d'obtenir une distribution de flux x_{ij}^{k} compatible avec les valeurs des différentes demandes finales.

D'un point de vue pratique, c'est-à-dire en ce qui concerne la résolution du modèle, il s'avère cependant plus intéressant d'utiliser une fonction objectif possédant une solution correspondant aux valeurs a priori. Nous avons donc utilisé la fonction suivante :

$$\min \sum_{i=1}^{R} \sum_{j=1}^{R} \sum_{k=1}^{K} \left(x_{ij}^{k} \, \ell n\left(\frac{x_{ij}^{k}}{\tilde{z}_{ij}^{k}}\right) - x_{ij}^{k}\right) \qquad (2.26)$$

En effet, en l'absence de contraintes, la solutions optimale correspondant à (2.26) est la suivante :

$$x_{ij}^{k} = \tilde{z}_{ij}^{k} \qquad \begin{matrix} i,j=1,\ldots,R \\ k=1,\ldots,K \end{matrix}$$

Nous avons déjà mentionné que la réalisation de ces quatre modifications constituait le premier objectif global de la thèse; le second, quant à lui, vise à calibrer une fonction de choix modal entre le camion et le chemin de fer pour chaque catégorie de biens. À cet effet, la section suivante passe en revue les principaux modèles de parts existants et précise le type d'approche qui a été privilégié dans ce travail.

2.2 Modèles de choix modal

L'analyse des facteurs déterminant le choix d'un mode de transport suscite depuis longtemps un vif intérêt. Que ce soit afin d'analyser la compétitivité entre différents modes ou pour calculer l'impact de différentes politiques de déréglementation, une vaste gamme de modèles a été créée. Ceux-ci se caractérisent tant par leur approche méthodologique que par le niveau d'agrégation des données utilisées.

Au niveau désagrégé, on retrouve principalement les modèles probabilistes (logit, probit, analyse discriminante), ainsi que ceux tirant leur fondement de la théorie des inventaires. En ce qui a trait à l'approche agrégée, deux catégories de modèles se distinguent, soit les modèles de demande dérivée et ceux de type probabiliste.

Bien que notre revue se limite à l'analyse de ces quatre grandes classes de modèles, on ne peut toutefois passer sous silence l'existence d'une foule d'études descriptives ayant tenté d'identifier l'importance relative des divers facteurs déterminant le choix modal et dont les principaux peuvent être classés de la façon suivante :

attribut du bien :
- type de bien
- valeur
- degré de vrac
- densité
- poids
- volume

attribut de l'expédition :
- volume
- distance à parcourir

attribut de l'expéditeur :
- utilisateur occasionnel ou courant
- localisation
- quantité expédiée annuellement

attribut du mode :
- tarif
- temps de transport
- ponctualité
- sécurité
- flexibilité

Pour n'en citer que quelques-unes, mentionnons les études de Church (1967, 1971) qui explorent la relation existant entre, d'un côté, la part du camionnage et, de l'autre, le volume de l'expédition et sa longueur, par type de biens. Citons également Buhl (1967) qui considère la relation entre la part du camionnage et le nombre d'employés de la firme expéditrice par catégorie de biens.

De plus, nombre d'études tentent d'identifier les principaux facteurs qui déterminent l'expéditeur à choisir un mode. De ces recherches, s'appuyant habituellement sur un questionnaire, une constante se dégage; en effet, parmi les divers attributs en question, ceux qui semblent déterminants sont le tarif, le temps de transport et la ponctualité. Parmi ces études descriptives, soulignons celle de l'Economic Intelligence Unit (1967), portant sur le comportement des expéditeurs dans les provinces maritimes canadiennes, de Saleh et Lalonde (1972), Evans et Southard (1974), Terziev et al. (1975), Stock et Lalonde (1978), McGinnis (1980) et enfin du Bureau de recherche de Southam Business Publication Ltd. (1976), dont nous reproduisons un tableau ordonnant les principaux attributs modaux pertinents au choix modal (Tableau 2.1).

Bien que nécessaire à une bonne compréhension du problème, ce type d'analyse n'est cependant que partiel. Une recherche plus approfondie doit être réalisée si l'on veut bien saisir la nature du choix modal. La suite de cette section traite donc de modèles plus explicites à cet égard.

2.2.1 Modèles désagrégés

2.2.1.1 Modèles dérivés de la théorie des inventaires

Dans ce premier type de modèles on analyse la demande de transport sur la base de la maximisation des profits de l'expéditeur. Initialement introduit par Baumol et Vinod (1970), il a depuis fait l'objet de plusieurs

TABLEAU 2.1

L'importance relative des différents facteurs dans le choix d'un transporteur au Canada

Facteurs	Rang sur une base nationale			
	1976	1973	1970	1968
- Ponctualité	1	2	3	2
- Temps pris pour le transport	2	1	1	1
- Tarifs	3	3	2	3
- Pertes et dommages	4	8	9	9
- Service "porte à porte"	5	4	6	6
- Repérage des expéditions	6	5	4	4
- Fréquence du service	7	6	5	5
- Disponibilité d'équipement standard	8	7	8	7
- Règlement des réclamations	9	9	7	8
- Service d'information	10	11	10	10

Source : The Research Bureau, Carrier and Equipment Preference Study of Canadian Traffic and Distribution Managers, Southam Business Publications Ltd., 1976.

analyses théoriques, Das (1974), Constable et Whybark (1978). Cependant, ce n'est que récemment que certains auteurs l'ont utilisé dans des études empiriques, Allen (1977), Chiang et al. (1980) et McFadden et Winston (1981).

Essentiellement, le modèle incorpore une fonction de profit qui tient compte du coût des inventaires aux points d'origines et de destinations. Le problème consiste donc à déterminer la taille et la fréquence des expéditions, en même temps que le mode de transport, de façon à maximiser les profits de l'entreprise. Des données sur les coûts de transport en fonction de la taille du chargement, sur les coûts d'inventaire, sur la demande du bien considéré, sur les taux d'intérêt, etc., sont donc nécessaires à l'utilisation du modèle.

Bien que le cadre théorique sur lequel repose ce type de modèle soit plus solide que celui sous-jacent aux modèles de détermination du choix modal ne tenant pas compte simultanément du choix modal et de la taille de l'expédition, la grande quantité de données nécessaires à son implantation en limite l'usage. Dans le contexte de cette thèse, où l'on aborde la question de la détermination des flux d'une façon macro-économique, cette approche ne convient donc pas à nos besoins.

2.2.1.2 Modèles probabilistes

Cette deuxième approche requiert une somme d'informations nettement inférieure à celle nécessaire au fonctionnement des modèles du type précédent et, de ce fait, a été abondamment utilisée. Tout comme dans le cas des modèles probabilistes agrégés, que nous aborderons à la section 2.2.2.2, les spécifications les plus fréquemment utilisées ont été le logit, Watson, Hartweg et Linton (1974), Daughety (1979), Daughety et Inaba (1981), l'analyse discriminante, Antle et Haynes (1971), Bayliss (1973), Watson, Hartweg et Linton (1974) et Miklius (1979) ainsi que le probit, Watson, Hartweg et Linton (1974) et Winston (1981).

Ce type de modèle suppose que l'expéditeur peut être représenté par un certain vecteur de caractéristiques S qui reflètent indirectement ses goûts. Cet expéditeur a le choix d'utiliser plusieurs modes de transport qui peuvent être représentés par des vecteurs d'attributs X. La fonction d'utilité associée à un mode peut donc être représentée de la façon suivante :

$$U = V(S,X) + \varepsilon(S,X) \tag{2.27}$$

où V est une fonction non stochastique reflétant les goûts représentatifs de la population alors que le caractère particulier d'un expéditeur donné se caractérise par la fonction aléatoire ε.

Dans un cas où seulement deux modes sont considérés, si X^1 et X^2 sont les caractéristiques des modes 1 et 2 respectivement, le mode 1 sera choisi si :

$$V(X^1,S) + \varepsilon(X^1,S) > V(X^2,S) + \varepsilon(X^2,S) \ , \tag{2.28}$$

que l'on peut réécrire de la façon suivante :

$$V(X^1,S) - V(X^2,S) > \varepsilon(X^2,S) - \varepsilon(X^1,S) \ , \tag{2.29}$$

On peut donc dire que la probabilité de choisir le mode 1 sera :

$$P_1 = P[V(X^1,S) - V(X^2,S) > \varepsilon(X^2,S) - \varepsilon(X^1,S)] \tag{2.30}$$

Si nous définissons une fonction G représentant la distribution cumulative de la différence des termes aléatoires, et si nous supposons que les erreurs sont indépendamment distribuées, la forme de la fonction G permet de définir différents modèles probabilistes.

Ainsi, si G suit une distribution de Cauchy, il en résulte le modèle arctangent :

$$P_1 = \frac{1}{2} + \frac{1}{\Pi} \tan^{-1}(z^2 - z^1) \ B \tag{2.31}$$

où :

$z^i = (X^i, S)$ et B est un vecteur de coefficients.

Si G est linéaire, on obtient le modèle linéaire où

$$P_1 = (z^1 - z^2)\, B \,. \tag{2.32}$$

Une hypothèse plus plausible de distribution des erreurs voudrait que celles-ci soient indépendamment distribuées et suivent une distribution normale, ce qui est l'hypothèse la plus fréquente en économétrie. Le modèle qui en résulte est le modèle probit que l'on peut définir de la façon suivante :

$$P_1 = \frac{1}{2\Pi} \int_{-\infty}^{(z^1 - z^2)\, B} e^{-t^2/2}\, dt \tag{2.33}$$

Les coûts de calculs de ce modèle deviennent toutefois rapidement prohibitifs lorsque plusieurs modes sont considérés.

Par contre, si l'on suppose que les erreurs suivent une loi de Weibull, qui est une bonne approximation de la loi normale, on obtient le modèle logit qui a été utilisé par de nombreux auteurs étant donné son coût d'estimation négligeable en regard du modèle probit; le logit peut se formuler de la façon suivante :

$$P_1 = \frac{e^{z^1 B}}{e^{z^1 B} + e^{z^2 B}} \,. \tag{2.34}$$

L'utilisation des modèles probabilistes désagrégés permet d'éviter les biais d'estimation des paramètres que provoque l'emploi de données agrégées où les variables ne représentent que des moyennes, Anas (1981). De plus, l'analyse peut être rendue beaucoup plus fine, permettant de mieux saisir les relations entre le choix du mode de transport et certaines variables telles la taille de l'expéditeur ou du chargement, la date d'expédition, etc.

Ce genre de modèle pose cependant un problème, puisque pour réaliser des prévisions à l'échelle nationale ou régionale, les paramètres obtenus des modèles désagrégés doivent être agrégés. Ceci présuppose donc une connaissance exacte de la composition du système étudié en termes de variables explicatives utilisées, soit : la proportion de petites, moyennes et grosses entreprises, la distribution des tailles des chargements pour chacune d'elles, etc.

Différentes méthodes d'agrégation ont été examinées par Koppelman (1970), qui en conclut que chacune introduit une forme de biais sur la prévision agrégée. McFadden et Reid (1975) proposent de leur côté une méthode de correction des estimations obtenues à l'aide d'un modèle désagrégé utilisant des données agrégées. Cette voie est prometteuse puisque les données ne sont généralement disponibles que sur une base agrégée. Malheureusement, cette méthode nécessite la connaissance de la matrice des variances-covariances des données de base, qui est souvent inconnue.

Selon Anas (1981), le biais d'estimation résultant de l'agrégation de résultats obtenus à l'aide de données désagrégées peut être plus élevé que celui découlant de l'emploi de données agrégées si le découpage utilisé est suffisamment fin.

Anas fait également remarquer que les modèles estimés à partir de données agrégées peuvent être d'une plus grande utilité que ceux estimés sur la base d'informations désagrégées, dans le cadre d'études à l'échelle régionale ou nationale ayant comme objectif l'analyse de différentes politiques et la prévision des flux de marchandises. Puisque ces objectifs sont précisément ceux poursuivis dans cette thèse et compte tenu du fait que les données disponibles à l'échelle du Canada sont de type agrégé, nous avons adopté l'approche agrégée. La section suivante passe en revue différents modèles de ce type, dont ceux de Turner (1975) et Oum (1978) qui utilisent sensiblement la même base de données que celle employée dans ce travail.

2.2.2 Modèles agrégés

2.2.2.1 Modèles de demande dérivée

Ces modèles sont basés sur des fonctions spécifiées de façon compatible avec la théorie néo-classique de la production, où l'expéditeur est censé minimiser son coût de transport sujet à différentes contraintes technologiques. Les travaux de Sloss (1971), Oum (1977, 1978) et Friedlander et Spady (1980) relèvent de ce type d'approche.

Sloss, à l'aide de séries chronologiques, estime le tonnage total transporté au Canada par camion en fonction d'une variable d'activité économique et des revenus moyens par tonne associés au camionnage et au chemin de fer. La forme fonctionnelle utilisée par cet auteur étant une Cobb-Douglas classique, l'élasticité de substitution entre chaque paire d'inputs est contrainte à l'unité, alors que les élasticités prix de la demande doivent être constantes. Par conséquent, ce genre d'études perd de sa pertinence comme moyen d'analyse de la nature des fonctions de demande.

Par opposition, Friedlaender et Spady (1980) et Oum (1977, 1978) utilisent des fonctions translogarithmiques, (Christensen et al. 1971, 1973) n'imposant pas de restriction aux élasticités prix et de substitution. Ces fonctions appartiennent à la famille des fonctions dites flexibles et pouvant être utilisées afin d'obtenir une approximation du second ordre de la série de Taylor. Cette famille comprend également la fonction généralisée de Léontief (Diewert, 1971), la quadratique d'ordre r (Denny, 1972, 1974).

Oum (1977) utilise des données agrégées en série chronologique portant sur les flux de marchandises entre certaines villes canadiennes tandis que l'on retrouve dans Friedlaender et Spady (1980) et Oum (1978)

une analyse sur une base plus désagrégée utilisant des données en coupe instantanée. Oum (1978) atteint cependant un niveau de désagrégation beaucoup plus fin que celui obtenu par Friedlaender et Spady (1980); en effet, ces derniers utilisent sept biens très largement définis ainsi que cinq régions géographiques dans leur modélisation des État-Unis, alors que l'étude de Oum est basée sur la banque de données du C.I.G.G.T. comptant 74 groupes de biens et subdivisant le Canada en 69 zones.

Cette approche consiste à considérer le transport comme un input nécessaire à la conclusion d'un processus de production. De ce fait, la demande de transport est dérivée de l'output produit. De façon analytique, les fonctions de demande d'inputs de transport utilisés par Oum et Friedlaender et Spady sont obtenues en appliquant le lemme de Shephard (1953) aux fonctions de coût des entreprises. L'utilisation des fonctions de coût et non des fonctions de production se justifie par la relation de dualité liant ces deux expressions (Shephard, 1953, 1970; Samuelson, 1953, 1954; Uzawa, 1964; McFadden, 1966, 1970; et Diewert, 1971, 1974).

Ainsi, pour la fonction de coût suivante :

$$C = C(Y, q, w, P_t)$$

où :

C : est le coût total;

Y : représente l'output;

q : est un vecteur de caractéristiques de l'expédition;

w : est un vecteur de prix des facteurs excluant ceux de transport;

P_t : est un vecteur des prix de transport.

La demande pour le mode i, X_t^i, est donnée par :

$$\frac{\partial C(\cdot)}{\partial P_t^i} = X_t^i(Y, q, w, P_t) \ .$$

Pour une fonction translogarithmique, l'expression du coût de production devient :

$$\begin{aligned}
\ell nC = \alpha &+ \sum_t \alpha_t \ell nP_t + \sum_j \beta_j \ell nq_j + \sum_h \gamma_h \ell nw_h \\
&+ \delta \ell nY + \frac{1}{2} \sum_t \sum_s A_{ts} \ell nP_t \ell nP_s \\
&+ \sum_t \sum_j B_{tj} \ell nP_t \ell nq_j + \sum_t \sum_h C_{th} \ell nP_t \ell nw_h \\
&+ \sum_t D_{ty} \ell nP_t \ell nY + \frac{1}{2} \sum_j \sum_k E_{jk} \ell nq_j \ell nq_k \\
&+ \sum_j \sum_h F_{jh} \ell nq_j \ell nw_h + \sum_j G_{jy} \ell nq_j \ell nY \\
&+ \frac{1}{2} J_{yy} (\ell nY)^2 .
\end{aligned}$$

Après application du lemme de Shephard, on obtient la fonction de part de marché suivante :

$$S_i = \frac{\partial \ell nC}{\partial \ell nP_t^i} = \frac{P_t^i X_t^i}{C}$$

$$= \alpha_i + \sum_s A_{is} \ell nP_s + \sum_j B_{ij} \ell nq_j + \sum_h C_{ih} \ell nw_h + D_y \ell nY ,$$

où S_i représente la part des dépenses accaparée par le mode i.

Friedlaender et Spady ont utilisé un prix de transport égal à la somme du tarif et d'une fonction de coût d'inventaire, alors que Oum estime le prix à partir du tarif, du temps de trajet et de sa variabilité. L'avantage de cette dernière spécification est certainement de permettre la mesure de la sensibilité des parts modales face à des variations des niveaux de service des modes, ce que n'autorise pas le modèle de Friedlaender et Spady. Les résultats de Oum indiquent que les tarifs du camion et du chemin de fer ont un impact significatif sur la part modale. En ce qui a trait au temps de transport, seul le temps de trajet par camion s'avère

significativement différent de zéro, et ce pour seulement trois catégories de biens (#14 : fruits et légumes; #75 : produits métalliques de base; #78 : produits non métalliques) sur les huit catégories étudiées[1].

Oum attribue cette situation au fait que les biens #14, 75 et 78 ont des valeurs marchandes élevées. Cependant, le bien #78 a une valeur inférieure à celle de certaines catégories (#71 et 61) pour lesquelles le temps de transport ne s'est pas avéré significatif dans la détermination du choix modal. De plus, le bien #61 possède une valeur supérieure à celle des catégories #14 et 75, ce qui de nouveau entre en contradiction avec l'explication apportée par Oum. Des problèmes d'agrégation, l'absence de certaines variables pertinentes ou encore l'utilisation d'une banque de données incomplète explique sans doute le peu d'impact du temps de transport sur la part modale.

2.2.2.2 Modèles probabilistes

Cette approche a été retenue par plusieurs auteurs. Ainsi, Kulman (1973), Boyer (1977) et Levin (1977) ont estimé des modèles logit, alors que l'analyse discriminante était privilégiée par Antle et Haynes (1971). Au Canada on retrouve l'étude de Turner (1975). Celui-ci a estimé un modèle de régression, une fonction discriminante et un modèle logit pour treize groupes de marchandises. Cette étude est d'un intérêt particulier puisque les données utilisées sont celles du C.I.G.G.T. Les résultats obtenus des trois spécifications sont toutefois contradictoires et plutôt contre intuitifs, limitant par le fait même leur utilisation.

Oum (1978a) critique sévèrement les modèles de type probabiliste. Plus particulièrement, il traite du logit linéaire et démontre que ce modèle impose plusieurs restrictions sur la valeur des élasticités de la

---

1 Oum traite les catégories suivantes : 14, 52, 61, 66, 69, 71, 75 et 78. La numérotation utilisée est celle du C.I.G.G.T., que l'on retrouve à l'appendice 5.

demande et de l'élasticité de substitution. Ainsi, dans le cas d'un modèle logit où les variables de décisions correspondent aux différences entre les attributs des différents modes, l'élasticité de substitution entre les modes i et j se définit de la façon suivante :

$$\sigma_{ij} = \begin{cases} -a_1 P_i & \text{si } dP_j = 0 \text{ et } dP_i \neq 0 \\ -a_1 P_j & \text{si } dP_i = 0 \text{ et } dP_j \neq 0 \end{cases} \qquad \text{pour tout } i \neq j,\ i,j=1,\ldots,M$$

où P_i est le prix du mode i, a_i est un paramètre estimé du modèle logit pour la variable de prix et M représente le nombre de modes considérés. L'élasticité de substitution peut donc prendre deux valeurs en un même point, selon que c'est le prix du mode i ou du mode j qui a varié.

Cette critique nous apparaît cependant non fondée, car l'application d'une notion découlant de la théorie de la production à un modèle logit de ce type ne repose sur aucune justification. En effet, la variable de décision d'une telle spécification étant la différence des prix, le calcul de l'élasticité de substitution perd toute pertinence. La critique aurait plutôt dû porter sur la validité d'employer une variable de décision qui soit une différence de prix plutôt qu'un ratio.

Soulignons également que le concept d'élasticité de substitution n'est pas l'instrument idéal pour étudier les demandes d'inputs de transport. En effet, pour une firme ayant à expédier un volume donné de marchandises sur un lien particulier, généralement un seul mode sera utilisé[1]. On ne retrouve donc pas l'habituelle relation de complémentarité entre les inputs. La complémentarité qui s'établit lors de mouvements multimodaux doit par ailleurs s'interpréter comme le résultat de plusieurs choix consécutifs effectués sur différents liens, notre conclusion précédente reste donc valable.

---

[1] Sauf s'il y a une contrainte de capacité contraignante sur le meilleur mode.

Oum soulève également le problème de l'égalité des élasticités croisées de la demande propre au modèle logit. Cette rigidité peut cependant être éliminée par l'utilisation de transformations de Box-Cox sur les variables explicatives. Cette méthode permet de plus de ne pas contraindre la forme des fonctions d'utilités représentatives des différents modes. En ce qui concerne le transport des personnes, Gaudry et Wills (1978) ont montré combien restrictive pouvait être l'utilisation du logit linéaire par rapport à une spécification incluant de telles transformations.

Le modèle de part utilisé dans cette thèse est un logit avec transformations de Box-Cox. Nous reviendrons donc plus longuement sur cette spécification au chapitre VII, qui traite exclusivement du problème du choix modal.

CHAPITRE III

LE MODÈLE TOMM-D, MODULE DE GÉNÉRATION/DISTRIBUTION

Nous décrivons dans ce chapitre le fonctionnement du modèle de génération/distribution. En premier lieu, nous abordons la question du niveau de désagrégation spatiale et par produit, puis nous présentons la formulation mathématique du modèle ainsi que la méthode de calcul des coefficients input/output.

3.1 Niveau d'agrégation retenu

Les tableaux d'entrées-sorties canadiens (Statistique Canada, 1979) sont de type rectangulaire, c'est-à-dire qu'une distinction est faite entre secteurs productifs (industries) et biens et services. On retrouve ainsi 191 secteurs productifs, 136 catégories de la demande finale, 593 biens et services et 9 facteurs primaires. Ces données sont par ailleurs disponibles pour onze régions comprenant les dix provinces et l'ensemble formé par les deux territoires. La division de l'analyse structurelle de Statistique Canada dispose également d'une matrice de flux interrégionaux pour chaque bien et chaque service.

Le niveau de désagrégation que nous avons retenu est le suivant : 62 secteurs productifs (voir appendice 3), 64 biens et 24 services (voir appendice 5), 10 catégories de la demande finale (voir appendice 4) et 67 zones géographiques (voir appendice 1). Cette division a été établie dans le but d'obtenir des données input/output compatibles, au niveau des biens, avec l'agrégation utilisée dans la banque de données du C.I.G.G.T.

3.2 Formulation du modèle

Le modèle est de type entropique et tient compte des relations interindustrielles interrégionales par le biais d'un ensemble de contraintes comptables input/output. D'un point de vue pratique, il permet de simuler l'impact de plusieurs scénarios (variation des coûts de transport,

du niveau des exportations, des demandes finales, etc.) sur le niveau des flux interrégionaux des différentes catégories de marchandises. Formellement, il s'écrit de la façon suivante :

$$\underset{\{x_{ij}^k\}}{\text{Min}} \sum_{i=1}^{R} \sum_{j=1}^{R} \sum_{k\in I_1} x_{ij}^k \ln \frac{x_{ij}^k}{\tilde{z}_{ij}^k} - x_{ij}^k \qquad (3\text{-}1)$$

$$\text{t.q.} \quad \sum_{j=1}^{R} x_{ji}^k = \sum_{h\in I_1} \alpha_i^{kh} \sum_{j=1}^{R} x_{ij}^h + \psi_i^k \qquad k\in I_1,\ i=1,\ldots,R \qquad (3\text{-}2)$$

$$x_{ij}^k > 0 \qquad k\in I_1,\ i,j=1,\ldots,R \qquad (3\text{-}3)$$

où la notation utilisée est la suivante :

R	représente le nombre de zones géographiques considérées (aux fins de cette étude, R=67).
K	représente le nombre de biens et services analysés (aux fins de cette étude, K=88, ce qui inclut 64 biens commercialisables et 24 services).
$i,j=1,\ldots,R$	représentent les régions géographiques.
$k,h=1,\ldots,K$	représentent les biens et services produits par les secteurs productifs.
I_1	est l'ensemble des indices représentant les biens commercialisables.
I_2	est l'ensemble des indices représentant les services.
$x_{ij}^k (i,j=1,\ldots,R;\ k\in I_1)$	est le flux en valeur[1] du bien commercialisable k entre les régions i et j.
$\alpha_i^{kh} (i=1,\ldots,R;\ h,k\in I_1)$	est une mesure des besoins domestiques totaux du bien k par dollar d'output du bien h dans la région i.

---

[1] Soulignons que dans cette version du modèle nous utilisons des données en valeur et générons des flux x_{ij}^k également en dollars. Cependant, une version produisant une solution où les flux sont en tonnes existe également. Cette transformation d'unités nécessite des valeurs unitaires par produit dont nous faisons état à l'appendice 7.

$\psi_i^k (i=1,\ldots,R;\ k\epsilon I_1)$ représente la demande finale globale en valeur pour le bien k dans la région i.

$\tilde{z}_{ij}^k (i,j=1,\ldots,R;\ k\epsilon I_1)$ est une valeur a priori, pour le flux du bien commercialisable k entre les régions i et j.

3.2.1 Analyse de la fonction objectif du modèle

La fonction objectif constitue une extension de la mesure du gain d'information de Kullback (1959) et fait tendre la solution vers une distribution a priori de flux $\tilde{z}_{ij}^k$. Ces flux sont déterminés de façon à refléter les échanges commerciaux interrégionaux relatifs à un scénario donné. Par conséquent, ils doivent être sensibles à des variations des variables déterminant ces échanges. Cette sensibilité est estimée en régressant, pour chacun des biens, les flux observés durant l'année de base sur les quatre variables socio-économiques suivantes[1] :

- coût de transport interrégional;
- distance interrégionale;
- niveau de production de la région d'origine;
- niveau de consommation de la région de destination.

Lorsque les scénarios étudiés n'ont aucun impact direct sur le niveau de ces variables, les valeurs a priori utilisées correspondent aux flux observés durant l'année de base. Par contre, si un scénario consiste à modifier l'une ou plusieurs de ces variables socio-économiques, les valeurs a priori $\tilde{z}_{ij}^k$ s'obtiennent en corrigeant les flux observés z_{ij}^k de l'année de base. L'ampleur de cette correction dépend, d'une part, des variations apportées aux variables modifiées et, d'autre part, de la sensibilité des flux de marchandises face à ces variations, déterminée à l'aide de nos régressions. Formellement, les valeurs a priori se définissent de la façon suivante :

$$\tilde{z}_{ij}^k = z_{ij}^k \cdot f(B^k, \Delta^k) \qquad (3\text{-}4)$$

---

[1] Pour des raisons d'ordre pratique, nous n'avons retenu que ces quatre variables comme facteurs explicatifs du niveau des flux interrégionaux de marchandises.

où :

$z_{ij}^k (i=1,\ldots,R;\ k\in I_1)$ représente la valeur observée, pour le flux du bien commercialisable k entre les régions i et j, pour l'année de base.

$B^k\ (k\in I_1)$ représente l'ensemble des coefficients d'une régression des flux observés pour le bien k sur un ensemble de variables socio-économiques.

Cette régression est de la forme suivante :

$$\bar{z}_{ij}^k = g(B^k; CTK_{ij}^k, P_i^k, A_j^k, D_{ij}) \qquad (3\text{-}5)$$

où :

$\bar{z}_{ij}^k (i,j=1,\ldots,R;\ k\in I_1)$ représente la valeur estimée, pour le flux du bien commercialisable k entre les régions i et j[1].

$CTK_{ij} (i,j=1,\ldots,R; k\in I_1)$ représente le coût de transport par kilomètre pour une unité du bien k entre les régions i et j durant l'année de base.

$P_i^k (i=1,\ldots,R; k\in I_1)$ représente la production nette du bien k dans la région i durant l'année de base.

$A_j^k (j=1,\ldots,R; k\in I_1)$ représente l'attraction nette du bien k dans la région j durant l'année de base.

$D_{ij} (i,j=1,\ldots,R)$ représente la distance entre les régions i et j.

$\Delta^k (k\in I_1)$ représente l'ensemble des variations relatives par rapport à la solution de base des variables socio-économiques incluses dans le modèle d'estimation des flux $\bar{z}_{ij}^k$ pour le bien k.

$f(B^k, \Delta^k)$ représente une fonction déterminant, à l'aide des coefficients de régression B^k, la correction à apporter aux flux observés, à la suite d'une variation Δ^k des variables socio-économiques.

---

[1] La section 4.1.5 présente les résultats des estimations des flux $\bar{z}_{ij}^k$.

Ainsi, à la suite d'une variation des coûts de transport sur un ou plusieurs des liens du réseau ou d'une modification de la production d'une région pour un ou plusieurs biens, la fonction (B^k, Δ^k)[1] permet de modifier les flux observés de façon à obtenir des valeurs a priori tenant compte des modifications apportées à la situation de base.

Notons que dans le cas d'un scénario qui n'impliquerait que des variations des demandes finales, les valeurs des variables explicatives contenues dans l'équation (3-5) ne subiraient aucune modification et la distribution a priori demeurerait celle de l'année de base, c'est-à-dire les flux observés, puisque la fonction $f(B^k, \Delta^k)$ serait égale à un.

Le modèle permet donc de trouver des valeurs x_{ij}^k qui, tout en respectant les diverses contraintes input/output, tendent à se rapprocher de la distribution des flux a priori, que celle-ci soit identique à celle observée, ce qui reflète l'inertie du système, ou corrigée pour tenir compte des variations par rapport à la situation de base. Contrairement aux modèles input/output où les parts de marché sont fixes, le modèle TOMM-D permet donc à celles-ci de varier en fonction des coûts de transport.

3.2.2 Analyse des contraintes comptables input/output

Bien que le modèle tienne compte de la distinction entre les biens et les services, on ne retrouve toutefois pas de flux x_{ij}^k pour les services à l'intérieur des contraintes input/output. Cette simplification résulte d'une hypothèse, que nous avons reprise de Los (1980), qui s'énonce de la façon suivante :

---

[1] L'estimation des flux z_{ij}^k s'effectuant à l'aide d'un modèle log-linéaire, le facteur de correction $f(\cdot)$ prend alors la forme suivante :

$$f(B^k, \Delta^k) = \prod_{v=1,\ldots,4} (1 + \Delta_v^k)^{B_v^k}$$

où : v représente l'indice associé aux quatre variables explicatives contenues dans (3-5).

> Nous établissons une différence entre les biens commercialisables et non commercialisables : les biens manufacturés et les matières premières appartiennent au premier type, alors que les services personnels et au détail constituent des exemples de biens non commercialisables. Les biens commercialisables peuvent être importés ou exportés d'une région à une autre (...). Les biens non commercialisables sont produits et consommés à l'intérieur de la même région. p.12[1]

Au niveau provincial, l'hypothèse semble être vérifiée. Par exemple, pour le service #86 (finances, assurances et courtage immobilier), seulement 23% des flux de l'année 1979 constituent des mouvements interprovinciaux. De plus, pour l'ensemble des provinces I, les flux interprovinciaux $\sum_J x_{IJ}(I \neq J)$ sont compensés à 88% par des mouvements en sens inverse $\sum_J x_{JI}(I \neq J)$. À titre d'exemple, analysons le cas de la province de Québec. Celle-ci produit pour son propre usage 6,5 milliards de dollars de ce service. Sa production totale est cependant de 9,6 milliards de dollars, ce qui ne correspond guère à l'hypothèse posée antérieurement. Toutefois, le Québec utilise 9,2 milliards de dollars du service #86, dont 2,7 milliards de dollars proviennent de l'extérieur de la province. L'erreur de modélisation pour cette région porte donc uniquement sur le déséquilibre de 400 millions de dollars entre l'utilisation et la production. Utilisant les données de 1974, Bigras (1985) a fait remarquer que seulement 4,6% des flux de service constituent des mouvements interrégionaux ne donnant pas lieu à une contrepartie.

Ce faible taux (4,6%), lié au fait que les services n'influencent qu'indirectement la production des biens commercialisables, nous porte à croire que l'hypothèse posée est parfaitement acceptable. De plus, comme les données sur les flux de services sont assez peu fiables (Gaston, 1979), il serait à toutes fins utiles impossible de les incorporer de façon directe dans les contraintes comptables.

---

[1] L'absence de données fiables concernant les flux interrégionaux de services rend cette simplification nécessaire.

Au niveau des 67 zones, la part des flux intrarégionaux de services est vraisemblablement inférieure à celle obtenue au niveau provincial. La validité de l'hypothèse peut donc plus sérieusement être mise en doute. L'absence de données concernant les flux de services à ce niveau nous empêche, toutefois, de mesurer l'ampleur du problème et d'y apporter une correction.

Dans l'hypothèse où la production des services s'effectue à l'intérieur même de la région qui les consomme, Los (1980) a montré que la production de services pouvait être reliée de façon linéaire à la production des biens commercialisables.

Ainsi, dans les contraintes (3-2) du modèle, les coefficients structuraux α_i^{kh} utilisés tiennent compte implicitement de la distinction entre les biens commercialisables (biens manufacturés et matières premières que l'on retrouve sous forme de flux interrégionaux) et les biens non commercialisables (services personnels qui sont produits et consommés à l'intérieur de chaque région). Le membre de gauche de la contrainte comptabilise tous les flux du bien commercialisable k qui sont destinés à la région i. Dans le membre de droite, nous retrouvons les différentes utilisations du bien k dans la région i. Il y a d'abord une demande intermédiaire du bien k, qui découle de la production des biens commercialisables h destinée au marché domestique canadien, par le biais des coefficients techniques α_i^{kh}. Cette demande peut être soit directe, soit induite par la production des biens et services <u>non commercialisables</u> nécessaires pour produire le bien commercialisable h.

Le coefficient α_i^{kh} permet donc de tenir compte de la production des services à l'intérieur des contraintes et se définit de la façon suivante :

$$\alpha_i^{kh} = (1-w_i^k)\, a_i^{kh} + \sum_{k' \in I_2} (1-w_i^k)\, a_i^{kk'} E_i^{k'h} \qquad \begin{matrix} i=1,\ldots,R \\ k,h \in I_1 \end{matrix} \qquad (3\text{-}6)^1$$

où :

- w_i^k ($k \in I_1$) représente le pourcentage du bien k importé par la région i.

- a_i^{kh} (k et h $\in I_1$) est l'élément de la ligne k et de la colonne h de la matrice $[A_i^{bb}]$ des coefficients techniques restreints aux échanges entre biens.

- $a_i^{kk'}$ ($k \in I_1$ et $k' \in I_2$) est l'élément de la ligne k et de la colonne k' de la matrice $[A_i^{bs}]$ des coefficients techniques restreints aux échanges entre biens (b) et services (s).

- $E_i^{k'h}$ ($k' \in I_2$ et $h \in I_1$) est l'élément de la ligne k' et de la colonne h de la matrice résultant du produit de $[I-A_i^{ss}]^{-1}$ par $[A_i^{sb}]$, $[A_i^{ss}]$ étant la matrice des coefficients techniques entre services (s) et $[A_i^{sb}]$ est la matrice des coefficients restreints aux échanges ente services (s) et biens commercialisables (b).

L'élément type de la matrice $[I-A_i^{ss}]^{-1}$ est noté $e_i^{hk'}$ (h et $k' \in I_2$) et indique l'augmentation de production du service h lorsque la demande de service k' augmente d'une unité, en tenant compte des effets directs et indirects uniquement au niveau des services.

Le coefficient $E_i^{k'h}$ indique, quant à lui, la quantité du bien non commercialisable k' induite par la production d'une unité du bien commercialisable h dans la région i.

On retrouve ensuite la demande finale globale, Ψ_i^k, qui est composée de trois éléments : a) la consommation du bien commercialisable k générée par les exportations des divers biens destinés à l'étranger, b) la consommation du bien commercialisable k induite par la demande finale de biens et

---

[1] La dérivation mathématique des coefficients α_i^{kh} est reprise de façon détaillée dans Los (1980).

services non commercialisables et c) la demande finale proprement dite du bien commercialisable k dans la région i.

La demande finale globale s'écrit formellement de la manière suivante :

$$\Psi_i^k = \underbrace{\sum_{h\in I_1} \alpha_i^{kh} X_i^h}_{-A-} + \underbrace{\sum_{k'\in I_2} \sum_{h\in I_2} a_i^{kh} e_i^{hk'} \Phi_i^{k'} (1-\omega_i^k)}_{-B-}$$

$$\underbrace{+ \Phi_i^k}_{-C-} \qquad i=1,\ldots,R;k\in I_1 \qquad (3\text{-}7)^1$$

où :

$\alpha_i^{kh}(i=1,\ldots,R;k,h\in I_1)$ est une mesure des besoins domestiques totaux du bien k par dollar d'output du bien h dans la région i.

X_i^h $(i=1,\ldots,R;h\in I_1)$ est la valeur des exportations du bien h pour la région i.

$\Phi_i^{k'}$ $(i=1,\ldots,R;k'\in I_2)$ représente la demande finale en valeur du bien non commercialisable k' dans la région i.

Φ_i^k $(i=1,\ldots,R;k\in I_1)$ représente la demande finale en valeur du bien commercialisable k dans la région i, qui est satisfaite par la production domestique.

3.3 Calcul des coefficients input/output et des coefficients d'importation

Les différents coefficients input/output employés dans le modèle proviennent tous de la matrice $[A_i^{qq}]$ (q = s U b) des coefficients techniques entre tous les biens et les services. Dans le cadre input/output rectangulaire, la méthode de cacul des éléments a_i^{kh} (k et h $\in I_1 U I_2$) de cette matrice est la suivante (Los, 1980) :

---

[1] La dérivation mathématique des termes Ψ_i^k est reprise de façon détaillée dans Los (1980).

Soit les données suivantes :

- V_i^{nk} ($i=1,\ldots R; k=1,\ldots,K; n=1,\ldots,N$) la valeur de la production du bien ou du service k par le secteur n de la région i.

- U_i^{kn} ($i=1,\ldots,R; k=1,\ldots,K; n=1,\ldots,N$) la valeur des entrées du bien ou du service k utilisées par le secteur n de la région i.

Le coefficient a_i^{kh} peut se définir comme suit :

$$a_i^{kh} = \sum_{n=1}^{N} b_i^{nk} \, d_i^{nh} \qquad \begin{matrix} i=1,\ldots,R \\ k,h=1,\ldots,K \end{matrix} \qquad (3\text{-}8)$$

où :

$$d_i^{nh} = \frac{V_i^{nh}}{\sum_{n=1}^{N} V_i^{nh}} \qquad \begin{matrix} i=1,\ldots,R \\ n=1,\ldots,N \\ h=1,\ldots,K \end{matrix} \qquad (3\text{-}9)$$

$$b_i^{nk} = \frac{U_i^{kn}}{\sum_{h=1}^{K} V_i^{nh}} \qquad \begin{matrix} i=1,\ldots,R \\ n=1,\ldots,N \\ k=1,\ldots,K \end{matrix} \qquad (3\text{-}10)$$

Le coefficient d_i^{nh} représente la part de marché du secteur n dans la région i, alors que le terme b_i^{nk} indique la quantité du bien k nécessaire par unité d'output du secteur n dans la région i (coefficient technique).

En ce qui a trait aux coefficients d'importation, le calcul est basé sur l'hypothèse de Chenery-Moses selon laquelle tous les secteurs d'une région, y compris le secteur de la demande finale, se comportent comme l'ensemble de la région quant à la proportion des inputs qui y sont importés. Le coefficient d'importation étant le même pour chaque secteur, nous pouvons négliger cet indice dans la présentation. Le coefficient se calcule de la façon suivante :

$$w_i^{kn} = w_i^k = \frac{M_i^k}{\sum_{n=1}^{N} U_i^{kn} + \Delta_i^k} \qquad \begin{matrix} k\varepsilon I_1 \\ i=1,\ldots,R \end{matrix} \qquad (3\text{-}11)^1$$

où :

$M_i^k (i=1,\ldots R; k\varepsilon I_1)$ est la valeur totale des importations internationales du bien k dans la région i.

$\Delta_i^k (i=1,\ldots R; k\varepsilon I_1)$ représente la demande finale des consommateurs, industries et administrations publiques pour le bien k dans la région i.

La demande finale domestique, Φ_i^k, est obtenue du produit suivant : $\Phi_i^k = \Delta_i^k (1-w_i^k)$. Notons enfin que pour $k\varepsilon I_2$, la valeur de w_i^k est fixée à zéro par définition.

3.4 Condition de compatibilité des données input/output et des matrices de flux interrégionaux.

Préalablement au calcul des coefficients input/output, une condition, que nous appellerons condition de compatibilité, doit être respectée afin que les matrices de flux de marchandises z_{ij}^k soient cohérentes avec les coefficients input/output utilisés dans les contraintes du modèle. Tout d'abord, elle stipule que les sorties du bien k de la région i, tant au niveau des flux domestiques que des exportations X_i^k, doivent être égales à la production du bien k effectuée par chacun des N secteurs productifs de la zone i, ajustée pour tenir compte des variations d'inventaire, $(INV)_i^k$. De plus, les entrées du bien k dans la région j, domestiques et internationales, doivent être égales aux utilisations intermédiaires et finales Δ_j^k, du bien k dans la région j. Cette condition est représentée plus formellement par les équations (3-12) et (3-13).

$$\sum_{j=1}^{R} z_{ij}^k + X_i^k = \sum_{n=1}^{N} V_i^{nk} - (INV)_i^k \qquad \begin{matrix} i=1,\ldots,R \\ k\varepsilon I_1 \end{matrix} \qquad (3\text{-}12)$$

---

[1] Rappelons que les exportations et les importations des différents biens sont exogènes à l'intérieur du modèle.

$$\sum_{i=1}^{R} z_{ij}^{k} + M_{j}^{k} = \sum_{n=1}^{N} U_{j}^{kn} + \Delta_{j}^{k} \qquad \begin{matrix} j=1,\ldots,R \\ k\in I_1 \end{matrix} \qquad (3\text{-}13)$$

Nous avons déjà souligné que les données de Statistique Canada portant sur l'utilisation, la production et les flux interrégionaux et internationaux ne sont disponibles qu'au niveau provincial. La condition représentée par les équations (3-12) et (3-13) doit cependant être respectée pour chacune des 67 zones géographiques. Nous avons donc eu à déterminer des valeurs U_i^{kn}, V_i^{nk}, Δ_j^k, X_i^k, M_i^k et z_{ij}^k pour i,j=1,...,67. Ces valeurs ont par la suite permis de calculer les coefficients input/output zonaux.

La section 4.1 traite de façon détaillée de la méthode utilisée lors de la construction des matrices de flux z_{ij}^k, alors que la section suivante indique de quelle manière nous avons estimé les autres données manquantes nécessaires au calcul des coefficients input/output.

3.5 Calcul des productions, utilisations, exportations et importations zonales.

La division de l'analyse structurelle de Statistique Canada nous fournit les données suivantes :

- les matrices de productions provinciales[1], V_I^{nk}, pour 88 biens et services et 62 secteurs productifs pour l'année 1974.
- les matrices d'utilisations provinciales, U_I^{kn}, pour 88 biens et services et 62 secteurs productifs pour l'année 1974.
- les matrices de productions provinciales, V_I^{nk}, pour 59 biens et services et 29 secteurs productifs pour l'année 1979.

---

[1] Nous avons en fait obtenu les données canadiennes au niveau de huit régions, soit : l'Alberta, la Saskatchewan, le Manitoba, l'Ontario, le Québec, Terre-Neuve, la région des Maritimes (N.B., N.E., I.P.E.) ainsi qu'une dernière région constituée de la Colombie-Britannique et des deux territoires canadiens. Les indices majuscules I et J seront utilisés pour caractériser ces huit régions, alors que les indices minuscules i et j serviront à désigner les 67 régions constituant le découpage plus fin que nous utilisons. Afin d'éviter toute confusion, les termes région et province seront utilisés indifféremment pour désigner les indices I et J, et le terme zone sera utilisé pour caractériser les indices i et j.

- les matrices d'utilisations provinciales, U_I^{kn}, pour 59 biens et services et 29 secteurs productifs pour l'année 1979.
- les demandes finales provinciales, Δ_I^k, pour 88 biens et services pour l'année 1979.
- les importations et exportations provinciales, M_I^k et X_I^k, pour les 64 biens commercialisables pour l'année 1979.
- les matrices de flux interprovinciaux, z_{Ij}^k, pour 88 biens et services pour l'année 1979.

Compte tenu des nouveaux règlements concernant le caractère confidentiel des données à Statistique Canada, les matrices de productions et d'utilisations pour l'année 1979 ne sont disponibles qu'à un niveau de désagrégation de 29 secteurs et 59 biens. Chacun de ces nouveaux biens ou secteurs constitue cependant une agrégation de notre classification initiale. Nous avons donc désagrégé ces matrices selon la même distribution que celle observée en 1974, afin d'obtenir une estimation au niveau des 67 secteurs et des 88 biens et services que compte notre catégorisation.

Avant de procéder au calcul des coefficients input/output zonaux, les trois étapes suivantes doivent être accomplies.

1^0) Nous devons tout d'abord nous assurer de la validité de la condition de compatibilité au niveau provincial,

$$\sum_{J}^{R} z_{IJ}^k + X_I^k = \sum_{n=1}^{N} V_I^{nk} - (INV)_I^k \qquad \text{pour tout I, } k \epsilon I_1 \qquad (3\text{-}14)$$

$$\sum_{I}^{R} z_{IJ}^k + M_J^k = \sum_{n=1}^{N} U_J^{kn} + \Delta_J^k \qquad \text{pour tout J, } k \epsilon I_1 \qquad (3\text{-}15)$$

En pratique, on observe certaines divergences entre les données input/output et les flux de marchandises. Les données input/output ont donc été corrigées proportionnellement à la somme des flux[1], soit :

---

[1] Nous corrigeons les données input/output, de préférence aux données sur les flux, puisque ces dernières sont plus robustes.

$$\underbrace{V_I^{nk}}_{\text{CORRIGÉ}} = V_I^{nk} \cdot \frac{\sum_J z_{IJ}^k + X_I^k + (INV)_I^k}{\sum_{n=1}^{N} V_I^{nk}} \qquad \begin{matrix}\text{pour tout } I \\ \text{pour tout } n \\ k \in I_1\end{matrix} \qquad (3\text{-}16)$$

$$\underbrace{U_J^{kn}}_{\text{CORRIGÉ}} = U_J^{kh} \cdot \frac{\sum_I z_{IJ}^k + M_J^k - \Delta_I^k}{\sum_{n=1}^{N} U_J^{kn}} \qquad \begin{matrix}\text{pour tout } J \\ \text{pour tout } n \\ k \in I_1\end{matrix} \qquad (3\text{-}17)$$

$$\underbrace{\Delta_j^k}_{\text{CORRIGÉ}} = \Delta_J^k \cdot \frac{\sum_I z_{IJ}^k + M_J^k - \Delta_I^k}{\sum_{n=1}^{N} U_J^{kn}} \qquad \begin{matrix}\text{pour tout } J \\ k \in I_1\end{matrix} \qquad (3\text{-}18)$$

En moyenne les corrections apportées aux V_I^{nk} sont de 12%, alors que pour les U_I^{kn} et les Δ_I^k, la correction moyenne est de 5%.

2⁰) La deuxième étape consiste à s'assurer du respect de la condition de compatibilité au niveau zonal, soit :

$$\sum_j^R z_{ij}^k + X_i^k + (INV)_i^k = \sum_{n=1}^{N} V_i^{nk} \qquad \begin{matrix}i=1,\ldots,R \\ k \in I_1\end{matrix} \qquad (3\text{-}19)$$

$$\sum_i^R z_{ij}^k + M_j^k = \sum_{n=1}^{N} U_j^{kn} + \Delta_j^k \qquad \begin{matrix}i=1,\ldots,R \\ k \in I_1\end{matrix} \qquad (3\text{-}20)$$

Les valeurs X_i^k, M_j^k et $(INV)_i^k$ sont calculés par approximation en fonction du pourcentage d'attraction et de production de chaque zone de la façon suivante :

$$X_i^k = P_i^k \cdot X_I^k$$

$$(INV)_i^k = P_i^k \cdot (INV)_I^k$$

$$M_i^k = A_i^k \cdot M_I^k$$

où :

- $p_i^k (i=1,\ldots R; k\epsilon I_1)$ est la part de la production du bien k dans la province I qui est effectuée dans la zone i[1].
- $A_i^k (i=1,\ldots R; k\epsilon I_1)$ est la part de la consommation du bien k dans la province I qui est effectuée dans la zone i.

Les membres de gauche des contraintes (3-19) et (3-20) sont connus, alors que ceux de droite ne le sont pas. Afin de respecter les contraintes, nous fixons donc la valeur des membres de droite égale à celle des membres de gauche. Ce procédé nous permet d'obtenir les valeurs $\sum_{n=1}^{N} V_i^{nk}$ et $(\sum_{n=1}^{N} U_j^{kn} + \Delta_j^k)$ pour chaque bien et chacune des zones.

Le calcul des coefficients input/output nécessite toutefois la connaissance des termes V_i^{nk}, U_i^{kn} et Δ_i^k pour tout n, i et k, ce à quoi sert la troisième étape.

3⁰) La deuxième étape nous a permis de connaître pour chaque bien et chaque zone les valeurs suivantes :

$$\sum_{n=1}^{N} V_i^{nk}, \sum_{n=1}^{N+1} U_j^{kn} ;^2$$

alors que Statistique Canada nous a fourni les données suivantes pour huit régions :

$$V_I^{nk} = \sum_{i\epsilon I} V_i^{nk} \qquad \begin{matrix} n=1,\ldots,N \\ k\epsilon I_1 \end{matrix} \qquad (3\text{-}21)$$

$$U_J^{kn} = \sum_{j\epsilon J} U_j^{kn} \qquad \begin{matrix} n=1,\ldots,N+1 \\ k\epsilon I_1 \end{matrix} \qquad (3\text{-}22)$$

Donc, pour chaque bien commercialisable K et chaque province I, nous connaissons la somme sur les industries pour chaque zone de la

---

1 Le calcul détaillé des valeurs P_i^k et A_i^k se retrouve à la section 4.1.4.

2 Afin de simplifier la notation, nous allons maintenant considérer la demande finale du bien k comme étant l'utilisation de ce bien par le secteur N+1, ainsi $\Delta_i^k = U_i^{kn} (n=N+1)$ et $\sum_{n=1}^{N} U_i^{kn} + \Delta_i^k = \sum_{n=1}^{N+1} U_i^{kn}$.

province I, et la somme sur les zones pour chaque secteur, pour les matrices d'utilisation et de production. C'est-à-dire que pour une province I et un bien k donné, les valeurs V_i^{nk} à déterminer doivent respecter les contraintes suivantes :

$$\sum_{i\in I} V_i^{nk} = V_I^{nk} \qquad n=1,\ldots,N \qquad (3\text{-}23)$$

$$\sum_{n=1}^{N} V_i^{nk} = \sum_j Z_{ij}^k + X_i^k + (INV)_i^k \qquad \text{pour tout } i\in I \qquad (3\text{-}24)$$

Alors que les termes U_i^{kn} doivent, quant à eux, satisfaire les contraintes suivantes :

$$\sum_{i\in I} U_i^{kn} = U_I^{kn} \qquad n=1,\ldots,N+1 \qquad (3\text{-}25)$$

$$\sum_{n=1}^{N} U_i^{kn} = \sum_i z_{ij}^k + M_j^k \qquad \text{pour tout } i\in I \qquad (3\text{-}26)$$

Afin de déterminer les solutions les plus raisonnables respectant respectivement les contraintes (3-23) à (3-24) et (3-25) à (3-26), nous avons tenu compte d'informations additionnelles relatives à la composition industrielle des différentes zones. Diverses valeurs a priori ont ainsi été déterminées pour les termes U_i^{kn} et V_i^{nk}.

Plus précisément, pour chaque province nous avons estimé la part de chacun des secteurs à l'intérieur de chacune des zones, soit les valeurs P_i^n. Pour la majorité des secteurs, une correspondance directe entre les P_i^n et les coefficients P_i^k ou A_i^k a été possible[1]. Cependant, lorsqu'un secteur se spécialise dans la production de plus d'une catégorie de marchandises, les valeurs a priori associées aux termes V_i^{nk} doivent dépendre du bien k considéré. Des coefficients P_i^{nk} ont donc été construits pour chaque zone i en tenant compte des flux ($\sum_j z_{ij}^k$) de chacun des biens k produit par les secteurs ayant cette particularité.

---

[1] Par exemple, la proportion du secteur de l'amiante se retrouvant dans une zone i est la même que le pourcentage de la production provinciale s'effectuant dans cette même zone. Cette proportion indique la part des biens produits et consommés par ce secteur dans la zone i.

Étant donné que certaines zones se spécialisent dans une production plutôt que dans une autre, on comprend la nécessité d'utiliser une valeur a priori qui dépend du bien produit.

Pour une province I et un bien $k \in I_1$, les valeurs $V_i^{nk}(i \in I; n=1,\ldots N)$ peuvent par la suite être obtenues en résolvant le problème suivant :

$$\text{Min} \sum_{n=1}^{N} \sum_{i \in I} V_i^{nk} \, \ell n\left(\frac{V_i^{nk}}{P_i^{nk}}\right) \qquad (3\text{-}27)$$

s.à. (3-23) et (3-24)

La fonction objectif détermine les productions de chaque secteur à l'intérieur des zones, en fonction de leur importance relative définie par les valeurs P_i^{nk}. Soulignons que pour la majorité des secteurs les valeurs P_i^{nk} sont égales aux P_i^n, pour tous les biens k; la valeur a priori est donc dans ces cas indépendante du bien k.

Les valeurs $U_i^{kn}(i=1,\ldots,R; n=1,\ldots,N+1; k \in I_1)$ sont obtenues de façon similaire. En ce qui a trait aux services ($k \in I_2$), seules les sommes sur les zones sont connues (Statistique Canada) puisqu'il n'existe pas de matrices de flux de services. Un procédé plus direct est donc utilisé, soit :

$$U_{i \in I}^{kn} = U_I^{kn} \cdot P_i^{nk} \qquad \text{pour tout } i,n \quad k \in I_2 \qquad (3\text{-}28)$$

$$V_{i \in I}^{nk} = V_I^{nk} \cdot P_i^{nk} \qquad \text{pour tout } i,n \quad k \in I_2 \qquad (3\text{-}29)$$

Une fois cette dernière étape accomplie, nous avons été en mesure de calculer la matrice des coefficients $a_i^{kh}(i=1,\ldots,R; k \text{ et } h \in I_1 \cup I_2)$ suivant le procédé décrit à la section 3.3.

CHAPITRE IV

ESTIMATION DES FLUX DE MARCHANDISES OBSERVÉS

La fonction objectif du modèle de génération /distribution TOMM-D fait tendre la solution du problème vers une distribution de flux a priori, notés $\tilde{z}^k_{ij}$. L'estimation des valeurs a priori s'effectue par le biais des coefficients θ^k obtenus d'une régression des mouvements de marchandises observés sur un ensemble de variables socio-économiques, soit : le coût de transport par kilomètre par unité, la distance ainsi que la production et l'attraction nette des régions d'origine et d'arrivée.

Avant de présenter les résultats se rapportant à ces diverses régressions, nous allons tout d'abord expliquer le procédé de construction de chacune des variables, tout en précisant les sources de données utilisées.

4.1 Construction des matrices de flux observés

Nous avions à construire une matrice origine/destination de dimension 67 x 67 pour chacun des 64 biens commercialisables. Par ailleurs, étant donné que la calibration du module de choix modal nécessite la connaissance des flux interzonaux pour chacun des trois modes de transport majeurs, c'est-à-dire le camion, le chemin de fer et la navigation, des matrices par mode ont tout d'abord été construites, puis agrégées lors de l'estimation des régressions.

Notre principale source de renseignements provient du C.I.G.G.T. qui fournit pour 78 groupes de biens des matrices origine/destination[1], pour les chemins de fer de classe I (CN et CP), pour le camionnage pour compte d'autrui ainsi que pour les flux maritimes. Les 78 biens de la banque du C.I.G.G.T. sont redistribués selon une classification à 64 biens afin de coïncider avec l'agrégation utilisée dans ce rapport.

---

[1] Selon le même niveau de désagrégation spatiale que celui utilisé dans ce rapport.

Les données sur le chemin de fer proviennent des reçus d'expédition associés à chaque mouvement de marchandises et sont fournis au C.I.G.G.T. directement par le CN et le CP. L'enquête de Statistique Canada sur le camionnage pour compte d'autrui (S.C. #53-224), qui s'effectue sur la base d'un échantillon de moins de 1%[1] de tous les mouvements, permet la construction des matrices origine/destination pour ce mode par le C.I.G.G.T. Considérant que l'échantillonnage exclut les transporteurs ayant un revenu annuel inférieur à 100 000 $, ceux opérant dans un rayon n'excédant pas 25,5 km ainsi que les services de messagerie et les mouvements en provenance ou à destination des États-Unis, la représentativité des matrices ainsi obtenues en souffre. Par ailleurs, bon nombre des mouvements effectués par camion ne constituent pas des flux origine/destination complets, en ce sens que l'utilisation du camion ne fait souvent que compléter ou amorcer un mouvement effectué par un autre mode sur la majeure partie du trajet qui doit être parcouru. Ceci crée donc du double comptage lors de la confection des matrices origine/destination.

De plus, comme les chemins de fer utilisent la classification STCC (Standard Transportation Commodity Code) et que Statistique Canada se base sur la classification SCC (Standard Commodity Code) dans son enquête, il s'ensuit certaines incompatibilités au niveau du classement des biens. Ce problème de classification empêche le C.I.G.G.T. de fournir des matrices origine/destination pour le camionnage pour 12 des 64 produits. De plus, ces données manquantes sont malencontreusement ajoutées à d'autres classes de biens. Par exemple, le volume de papier journal transporté par camion public se retrouve jumelé à la classe "autres papiers" transportée par camion.

En ce qui a trait aux flux par bateau, le C.I.G.G.T. utilise les données de Statistique Canada concernant le transport maritime domestique et extérieur.

---

[1] Ceci représente environ 225 000 mouvements.

Hormis les problèmes liés à l'enquête sur le camionnage, l'utilisation de la banque de données du C.I.G.G.T. entraîne d'autres difficultés. En effet, ces matrices de flux n'incorporent ni le chemin de fer de classe II, ni le camionnage privé[1]. Quoique, comme nous le verrons, la première omission n'entraîne pas de sérieuses conséquences, ne pas comptabiliser les mouvements effectués par camions privés pose un certain problème lors de l'estimation des diverses élasticités des parts modales. En effet, l'utilisation de parts modales déduites d'un modèle ne considérant que le camionnage public, et appliquées à un flux global de marchandises obtenu par le biais d'un modèle de distribution, conduit à une surestimation importante de la part du trafic ferroviaire.

Enfin, tant dans le domaine maritime que ferroviaire, certains flux d'exportation sont comptabilisés comme étant de type domestique, c'est-à-dire en provenance et à destination d'une zone canadienne.

Nous aborderons maintenant tour à tour ces différentes difficultés et expliquerons la méthode utilisée pour la construction des matrices.

4.1.1 Importance du camionnage privé

L'ampleur du problème lié à la non-comptabilisation des flux de camions privés apparaît clairement lorsque l'on saisit l'importance de ce mode de transport. Selon les estimations du Bureau de la politique de concurrence, environ 67% des recettes du transport routier au Canada proviennent du camionnage privé, montant supérieur aux recettes combinées du transport de marchandises par rail et du transport routier commercial. À ce sujet, les enquêtes sur le camionnage commercial, effectuées par le

---

[1] Le camionnage privé (pour compte propre), par opposition au camionnage public (pour compte d'autrui), consiste, pour une entreprise dont l'activité principale n'est pas le transport, à transporter les produits de sa propre fabrication à l'aide de ses camions ou de camions loués.

ministère des Transports et des Communications de l'Ontario pour les années 1971, 1975 et 1978, donnent une perspective nouvelle à l'analyse de la taille et du taux de croissance du secteur du camionnage privé. Ces études montrent que, de 1971 à 1975, la part du camionnage privé en Ontario est passée de 37% à 48% du volume total transporté sur route. On apprend également qu'en 1978, les déplacements interurbains atteignaient 51% des déplacements totaux, 46% du kilométrage et 41% du volume total en tonnes.

La prépondérance du secteur privé en ce qui concerne les déplacements locaux ne fait plus de doute. Ce qui surprend cependant, c'est la vigueur avec laquelle le camionnage pour compte propre s'est développé pour les déplacements interurbains. Le tableau 4-1 esquisse un portrait de la situation pour le Québec, et indique une relation négative entre la taille des entreprises et l'utilisation du camion privé. Le tableau 4-2 donne, pour 1972, la répartition modale au niveau du transport routier pour l'Ontario et le tableau 4-3 répartit par type de transporteurs routiers le trafic total provenant de l'Ontario pour les années 1971, 1975 et 1978.

L'importance du camionnage privé au Canada ne fait plus de doute, toutefois, différentes opinions semblent exister au sujet de son utilisation. En effet, selon l'étude américaine de Stuessey (1973), on emploierait ce type de transport sur de courtes distances et pour de petits chargements. Rakowsky (1974) constate également une utilisation intensive du camionnage privé sur courtes distances, et ce, pour des chargements allant de 10 000 à 60 000 livres. Quant aux marchandises transportées, il ne note aucune différence entre ce que les transporteurs privés et publics se partagent. Du côté de l'enquête ontarienne, il apparaît que les transporteurs privés se spécialisent dans le transport des aliments et des marchandises à faible valeur et fort volume (bois, pétrole) alors que le camionnage public accapare le trafic de valeur élevée et de faible volume ainsi que les marchandises encombrantes.

Pour sa part, Roth (1977), choisissant comme année de référence 1972 et utilisant des données américaines, conclut que les chargements du type "charge complète" sont en majeure partie de type privé et que les charges incomplètes sont plutôt du ressort des compagnies commerciales. De plus, comme les chargements pouvant faire concurrence au rail sont des charges complètes, il en arrive à la conclusion que la concurrence a lieu en majeure partie sur de grandes distances entre le camionnage et le rail.

Il importe également de souligner le lien existant entre la présence du transport privé et le degré de réglementation de cette industrie. L'une des principales hypothèses avancées au sujet de la réglementation est qu'elle réduit la flexibilité des transporteurs commerciaux et qu'elle a pour effet d'accroître l'écart entre les tarifs du transport commercial et les coûts du transport privé.

À titre d'exemple, citons la société Imperial Oil, qui a pu établir que 75% de sa production pétrolière était distribuée par camions privés en Ontario (province réglementée) contre seulement 25% en Alberta (province non réglementée).

Quelles que soient les faiblesses des évaluations de l'activité des transporteurs privés, il n'en demeure pas moins que l'importance de ceux-ci ne fait plus de doute. Nous tiendrons donc compte de ce type de transport lors de la construction de notre matrice origine/destination.

4.1.2 Importance du chemin de fer de classe II

Le deuxième point sur lequel nous portons notre attention concerne l'omission dans la banque du C.I.G.G.T. des mouvements effectués par le chemin de fer de classe II, c'est-à-dire le trafic ferroviaire excluant le Canadien National et le Canadien Pacifique. Le volume transporté par ce type de chemin de fer, avec ou sans interligne avec les deux réseaux

TABLEAU 4-1

Répartition du trafic terrestre par taille d'entreprises et pour certains groupes de produits (Québec).

	camion privé	camion public	train
Total	46%	36%	18%
petites entreprises	74	20	6
entreprises moyennes	41	43	16
grandes entreprises	38	35	27
aliments et boissons	52	44	4
bois	43	48	9
papiers et connexes	20	50	30
minéraux non métal	74	19	7
pétrole et charbon	86	2	12
industrie chimique	15	32	53

Source : ministère des Transports du Québec (1983).

TABLEAU 4-2

DISTRIBUTION DU TONNAGE PAR TYPE DE TRANSPORTEUR

	camionnage public (%)	camionnage privé (%)
Matériaux de construction		
- métal	75	25
- bois	58	42
- ciment	65	35
- autres	57	43
Machinerie		
- agriculture	60	40
- autres	54	46
Véhicules		
- automobiles	84	16
- autres	57	43
Produits chimiques		
- pétrole	32	68
- autres	68	32
Biens manufacturés		
- meubles	79	21
- papiers	85	15
- autres	72	28
Produits agricoles		
- grande culture	54	46
- fruits et légumes	36	64
Aliments		
- réfrigérés	63	37
- autres	78	22
Minerai	87	13
Tous les autres	71	29
TOTAL	63	37

Source : ministère des Transports et des Communications de l'Ontario (1972)

TABLEAU 4-3

TRAFIC PROVINCIAL ET EXTRAPROVINCIAL PAR TYPE DE TRANSPORTEUR

	Transporteur commercial						Transporteur privé					
	1971		1975		1978		1971		1975		1978	
	N	Tonne %	N	Tonne %	N	Tonne %	N	Tonne %	N	Tonne %	N	Tonne %
Provincial	-	61	59	-	50	63	-	39	41	-	50	37
Extraprovincial :												
De l'Ontario vers les provinces Atlantiques	-	88	71	-	53	68	-	12	29	-	47	32
De l'Ontario vers le Québec	-	63	49	-	42	47	-	37	51	-	58	53
De l'Ontario vers l'Ouest	-	66	78	-	72	73	-	34	22	-	28	27
De l'Ontario vers les États-Unis	-	65	55	-	47	52	-	35	45	-	53	48

N nombre de déplacements des camions

\- données non disponibles

nationaux, est de 111 millions de tonnes métriques pour l'année 1979 et équivaut à 38% du trafic ferroviaire total (S.C. #52-211). Quoique à première vue le problème semble important, certaines considérations permettent de minimiser ses effets négatifs.

En effet, notons tout d'abord que de ce total uniquement 82 millions de tonnes sont chargées au Canada et ne proviennent pas des réseaux nationaux. La différence entre ces deux tonnages, soit 29 millions de tonnes, constitue des mouvements interlignes canadiens préalablement comptabilisés par le C.I.G.G.T. ou des importations des États-Unis.

Il ne reste donc plus que 82 millions de tonnes à localiser. De cette somme, 54 millions de tonnes représentent des mouvements de minerai de fer au Québec (Réseau Q.N.S. et Q.C.M.), alors que l'on retrouve près de 2 millions de tonnes de bauxite et d'alumine sur un réseau privé alimentant l'Alcan à Port-Alfred dans la région du Lac-Saint-Jean. Enfin, 4 millions de tonnes de houille grasse peuvent être localisées en Alberta.

Du volume restant, c'est-à-dire environ 22 millions de tonnes, près de 12,5 millions de tonnes constituent des mouvements interlignes vers les réseaux canadiens ou américains, ce qui porte à 9,5 millions de tonnes le trafic non localisé. Cependant, après identification et localisation des chemins de fer de classe II au Canada, une étude particulière des volumes chargés et déchargés de chacun des 320 biens de la classification utilisée par Statistique Canada (S.C. #52-211), nous a permis de déterminer les origines et destinations de près de 7 millions de tonnes de marchandises. La majeure partie de ce tonnage est constituée de flux de minerai (chemin de fer Algoma) ou de bois et copeaux (B.C.R.), qui sont totalement captifs des chemins de fer. Du volume de départ, il ne reste donc que 2,5 millions de tonnes (principalement du minerai) qu'il nous a été impossible de retrouver.

Perçus sous cet angle, les problèmes liés à la non-comptabilisation du chemin de fer de classe II sont donc à toutes fins utiles réglés. Cependant, une dernière difficulté subsiste. En effet, bien que la majorité des chemins de fer de classe II ne desservent que l'intérieur d'une seule zone géographique, ce qui facilite la détermination des origines et destinations des mouvements ayant des interconnexions avec les réseaux nationaux canadiens, le British-Columbia Railroad échappe à cette règle.

En effet, ce réseau s'étend d'un bout à l'autre de la province et transporte, en ce qui concerne les flux intra-provinciaux, près de 5 millions de tonnes de marchandises. Les origines et destinations zonales, ainsi que la part de ce tonnage destinée à l'exportation et transitant par le port de Vancouver, n'ont donc pu être déterminées avec toute la précision désirée. Les flux de marchandises entre les zones géographiques faisant partie de la Colombie-Britannique devront donc être interprétés avec prudence.

4.1.3 Corrections de certains flux domestiques

Comme nous l'avons précédemment souligné, certains volumes exportés ont été comptabilisés comme étant des flux de type domestique. Nous avons ainsi réussi à localiser plus de 35 millions de tonnes de marchandises dans cette situation. Cette recherche s'est effectuée sur la base d'une comparaison avec la matrice de flux interprovinciaux en valeur de Statistique Canada. Les principales anomalies rencontrées se sont retrouvées dans les données concernant les flux maritimes, avec des corrections de près de 22 millions de tonnes. Les biens en cause sont principalement le blé et les autres grains, les fertilisants et le gypse. À titre d'exemple, mentionnons que le C.I.G.G.T. faisait état d'un mouvement par chemin de fer de près de 5 millions de tonnes de gypse en Nouvelle-Écosse, alors que ce tonnage était destiné à être exporté.

D'autres corrections seraient peut-être nécessaires, cependant nous estimons que les principales anomalies ont été prises en considération.

4.1.4 Méthode utilisée

Nous désirons obtenir une matrice origine/destination de dimension 67 x 67 pour chacune des 64 catégories de biens. Ces matrices devront également tenir compte des trois différents modes de transport, soit le camionnage (privé et public), le chemin de fer et le bateau. La faible représentativité des données sur le camionnage, pour les mouvements entre zones de moindre importance, nous oblige à regrouper les deux types de camionnage.

L'idée de base consiste à soustraire des flux interprovinciaux globaux, fournis par Statistique Canada, les mouvements effectués par train et bateau que l'on retrouve dans la banque du C.I.G.G.T. Ainsi nous obtenons une approximation des flux interprovinciaux effectués par camion.

Les données de Statistique Canada étant en valeur et celles du C.I.G.G.T. en tonne, un facteur de conversion a dû être utilisé. Nous avons donc calculé, pour chaque catégorie de biens, un prix moyen par tonne. Le calcul de ces prix moyens, ou valeur unitaire, se trouve à l'appendice 7.

L'étape suivante consiste à distribuer ces flux provinciaux par camion entre les différentes zones de la façon la plus réaliste qui soit. Pour ce faire, nous déterminons dans un premier temps le niveau de production et de consommation de chacune des zones à l'intérieur des provinces. Lorsque le bien est assez homogène, nous pouvons obtenir la production par zone; c'est le cas notamment de certains biens agricoles et miniers. Mais dans la plupart des cas, nous ne pouvons obtenir directement la production ou l'attraction. Il faut alors trouver des données qui peuvent nous donner indirectement les parts zonales. Ainsi l'emploi, dans la mesure où il est lié à la production, a été utilisé pour la plupart

des biens manufacturés. Dans le cas de l'attraction, il est encore plus difficile d'avoir des données sur la consommation par zone. Pour les biens de consommation, par exemple, nous avons pris la population des zones comme mesure de leur part relative. Ces parts relatives sont par la suite multipliées par la production ou la consommation totale de la province, pour obtenir l'information au niveau zonal.

Il peut, par contre, être difficile de traiter les catégories de biens qui sont très hétérogènes (exemple : la catégorie de biens # 62, "objets personnels et ménagers"). Il faut alors s'en remettre à des données qui sont au même niveau de généralisation. Ces derniers cas sont heureusement assez limités selon l'agrégation que l'on a retenue et il s'agit alors de biens qui ont moins d'impact sur le réseau de transport. Les biens les plus lourds et les plus volumineux, et qui sont par conséquent plus significatifs quant à leur impact sur l'utilisation du réseau de transport, ont en effet été traités séparément.

Lorsque l'on se sert de l'emploi comme indice de la production, on émet alors l'hypothèse que la productivité est la même dans toutes les zones qui composent une même région, ce qui est beaucoup moins restrictif que de supposer que la productivité est la même dans toutes les zones du Canada.

L'appendice 2 nous donne, pour chacun des 64 biens commercialisables, les sources de données qui ont été utilisées pour calculer les parts zonales de production et d'attraction. Nous allons décrire ici brièvement la nature des informations qui ont été puisées dans les trois sources principales de données utilisées.

1° Les recensements de 1971 et de 1981

On y trouve en particulier des données sur la production agricole pour les divisions de recensement et sur la population active selon l'activité économique (industrie) pour les régions métropolitaines de recense-

ment, les agglomérations de recensement et les villes de plus de 10 000 habitants. Il est alors facile de faire le regroupement entre ces diverses unités géographiques et nos 67 zones.

2° Le "Canadian Mineral Yearbook, 1979"

Dans plusieurs cas, on y trouve des données sur la production des différents minerais pour chaque mine. Il a cependant fallu utiliser la capacité de production de chaque mine lorsque la production n'était pas dévoilée.

3° Industries manufacturières du Canada : régions infraprovinciales, 1979 (Statistique Canada, No de cat. 31-209)

On y trouve la valeur des livraisons de produits de propre fabrication et le coût des matières et fournitures utilisées pour différentes industries et pour 68 régions économiques infraprovinciales. On ne peut cependant se servir de ces données pour certaines industries, puisque les renseignements doivent rester confidentiels lorsqu'il y a moins de trois producteurs dans une région. Conséquemment, les données par industrie sont incomplètes. On agrège en effet toutes les industries sous le couvert du caractère confidentiel dans une région, à l'intérieur d'une catégorie générale.

Nous avons finalement puisé certaines informations dans ces documents :

- L'Atlas National du Canada, 1971;
- Permis de bâtir, Sommaire annuel, 1979 (Statistique Canada, No de cat. 64-203).

Connaissant maintenant le niveau de production et de consommation zonales, nous devons dans un deuxième temps soustraire de celles-ci les mouvements interzonaux de marchandises effectués par chemin de fer et navire (C.I.G.G.T.). Nous obtenons de cette façon la valeur des flux devant

entrer ou sortir de chacune des zones par un mode de transport autre que le train ou le navire. Nous supposons ici que le camion est le seul mode alternatif[1] et les flux interzonaux par camion sont obtenus en résolvant le problème suivant pour chacun des 64 biens commercialisables.

$$\underset{\{CAM_{ij}\}}{\text{Min}} \sum_{ij}\sum CAM_{ij} \ln \frac{CAM_{ij}}{\tilde{CAM}_{ij}} \qquad (4\text{-}1)$$

$$\text{s.à.} \quad \sum_{j} CAM_{ij} = O_i \qquad i=1,\ldots,67 \qquad (4\text{-}2)$$

$$\sum_{i} CAM_{ij} = D_j \qquad j=1,\ldots,67 \qquad (4\text{-}3)$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J} CAM_{ij} = CAM_{IJ} \qquad I,J=1,\ldots,8 \qquad (4\text{-}4)$$

$$CAM_{ij} \geq 0 \qquad i,j=1,\ldots,67 \qquad (4\text{-}5)$$

où :

CAM_{ij} représente le flux de marchandises par camion de la région i à la région j.

$\tilde{CAM}_{ij}$ représente le mouvement par camion des zones i à j tel que comptabilisé dans la banque du C.I.G.G.T.

CAM_{IJ} représente le flux de marchandises par camion de la province I à la province J.

O_i représente la différence entre la production totale de la zone i et les mouvements par train et bateau provenant de cette zone comptabilisés dans la banque du C.I.G.G.T.

Rappelons que la production totale de la zone i s'obtient en multipliant la part zonale de production de cette zone par la production de la province dans laquelle elle est incluse.

D_j représente la différence entre la consommation totale de la zone j et les mouvements par train et bateau y arrivant.

Les expressions (4-2) et (4-3) sont des contraintes sur la production et l'attraction de chaque zone, alors que la contrainte (4-4) nous assure que la solution du problème respecte les données sur les flux inter-

---

[1] À l'exception des biens # : 16, 21 et 22 où le transport par flottage (16) et pipeline (21 et 22) est important, cette hypothèse semble réaliste.

provinciaux. On aura remarqué que la fonction objectif utilise comme valeur a priori les flux par camion comptabilisés par Statistique Canada. Bien que ceux-ci soient déficients pour les diverses raisons invoquées antérieurement, ils traduisent tout de même une réalité et constituent, d'une certaine façon, une mesure des forces de répulsion et d'attraction entre les différentes zones; c'est dans le but de conserver cette information que nous les utilisons.

Ce problème de minimisation se résoud à l'aide d'un algorithme de balancement à trois dimensions. Les membres de droite des contraintes d'égalité doivent être positifs, de manière à respecter la positivité des flux de camions. Toutefois, lors du calcul des valeurs O_i et D_j, nous avons obtenu quelques résultats négatifs, soit à cause d'anomalies dans les flux fournis par le C.I.G.G.T., soit parce que les parts zonales de production et d'attraction comportaient certaines erreurs. Les parts zonales utilisées dans le modèle ont donc été corrigées en conséquence. Ces nouvelles parts ont été obtenues en minimisant la fonction suivante :

$$\sum_i \bar{P}_i \ln \frac{\bar{P}_i}{P_i} + \sum_j \bar{A}_j \ln \frac{\bar{A}_j}{A_j} ,$$

sous la condition que les valeurs O_i et D_j soient toutes positives ou nulles. P_i et A_j sont les parts zonales originales et $\bar{P}_i$ et $\bar{A}_j$ sont les parts modifiées à déterminer. La fonction objectif nous assure que les $\bar{P}_i$ et $\bar{A}_j$ respectent le plus possible la distribution originale.

Certaines des parts d'attraction et de production ont ainsi subi des variations substantielles. Cependant, au niveau global, les parts de production n'ont varié que de 5,8% alors qu'au niveau de l'attraction la variation moyenne est de 6,1%.

4.1.5 Résultats des évaluations des flux observés

Compte tenu de l'énorme quantité de données en jeu, nous ne reproduisons que certains résultats généraux. Ainsi, les tableaux 4-4, 4-5, 4-6 et 4-7 présentent les flux interprovinciaux par mode pour quatre grandes classes de biens, soit : les aliments (#1-15), les matières premières (#16-30), les produits bruts transformés (#31-51) et les biens manufacturés (#52-64), alors que le tableau 4-8 indique pour chaque bien les volumes totaux transportés en fonction du mode. Les colonnes référant au chemin de fer et au bateau proviennent des données corrigées du C.I.G.G.T., tandis que les volumes se rapportant au camionnage sont le résultat de notre travail d'estimation.

Il est intéressant de souligner que, selon les données sur le camionnage dont dispose le C.I.G.G.T., 133 millions de tonnes de marchandises auraient été camionnées en 1979, alors que nos évaluations indiquent par contre un total de 403 millions de tonnes. Ces résultats globaux dissimulent toutefois certaines particularités. Ainsi, en ce qui concerne le camionnage (privé ou public) non comptabilisé dans les données du C.I.G.G.T., on retrouve 84 millions de tonnes de sable et gravier et 85 millions de tonnes d'essence. Si l'on exclut du volume global ces deux groupes, notre estimation du trafic total de marchandises générales transportées par camion est de 234 millions de tonnes. L'ordre de grandeur de cette évaluation semble donc réaliste et en accord avec les études antérieures sur le sujet (section 4.2.1).

Il aurait été intéressant de construire une matrice origine/destination pour chaque type de camionnage. Idéalement, ces matrices auraient été obtenues en soustrayant de notre estimation du camionnage total, les volumes transportés par camion public que contiennent les données du C.I.G.G.T.

TABLEAU 4-4

FLUX INTERPROVINCIAUX (TONNES 000) PAR MODE DE TRANSPORT (TRAIN/CAMION/BATEAU)
ALIMENTS (BIENS # 1 - 15)

	T.N.	MAR.	QUÉ.	ONT.	MAN.	SAS.	ALB.	C.B.	TOTAL
T.N	4,1 165,9 12,3	0,0 12,0 1,0	1,7 10,0 2,2	0,0 19,8 0,0	0,0 0,1 0,0	0,0 0,3 0,0	0,0 2,2 0,0	0,0 0,1 0,0	5,9 210,3 15,5
MAR.	11,4 42,7 59,9	42,7 1252,9 0,0	112,2 119,7 0,0	149,0 78,5 0,0	6,2 3,0 0,0	0,0 12,4 0,0	3,1 12,8 0,0	5,2 7,4 0,0	329,9 1529,4 59,9
QUÉ.	7,4 31,4 9,8	63,4 101,4 0,0	93,8 6776,1 9,5	135,4 1584,4 0,7	23,9 26,2 0,0	15,4 20,7 0,0	37,7 66,3 0,0	36,4 58,6 1,1	413,5 8665,0 21,1
ONT.	39,4 68,7 0,0	320,1 121,1 48,0	723,9 1182,3 11,1	362,1 8909,0 205,3	149,1 121,5 0,0	38,7 191,3 0,0	137,6 268,1 0,0	190,5 223,5 0,0	1971,3 11085,6 264,4
MAN.	11,6 4,7 0,0	61,0 20,0 0,0	116,9 190,3 0,0	139,5 445,7 0,0	169,0 1187,2 0,0	16,7 84,3 0,0	30,4 30,6 0,0	44,3 33,8 0,7	589,4 1996,6 0,7
SAS.	1,6 11,5 0,0	65,2 113,1 0,0	167,9 694,0 0,0	96,6 1099,5 0,0	120,2 268,6 0,0	50,1 1336,3 0,0	53,1 189,5 0,0	92,0 40,8 0,0	646,8 3753,3 0,0
ALB.	0,2 2,6 0,0	14,1 18,5 0,0	196,4 91,7 0,0	194,4 477,6 0,0	37,7 179,1 0,0	14,9 145,4 0,0	247,4 4071,6 0,0	297,1 590,4 0,0	1002,2 5577,0 0,0
C.B.	1,5 2,2 0,0	2,8 4,2 0,0	13,2 33,9 0,0	23,4 102,3 0,0	28,1 24,2 0,0	16,7 43,2 0,0	53,1 203,4 0,0	180,6 1647,2 2,7	319,3 2060,6 2,7
TOTAL	77,3 329,5 82,0	569,4 1643,2 49,0	1436,0 9098,1 22,7	1100,4 12716,8 206,0	534,1 1810,0 0,0	152,7 1833,9 0,0	562,4 4844,5 0,0	846,1 2601,8 4,5	5278,2 34877,9 364,3

TABLEAU 4-4

FLUX INTERPROVINCIAUX (TONNES 000) PAR MODE DE TRANSPORT (TRAIN/CAMION/BATEAU)
MATIÈRES PREMIÈRES (BIENS # 16 - 30)

	T.N.	MAR.	QUÉ.	ONT.	MAN.	SAS.	ALB.	C.B.	TOTAL
T.N	134,8 2015,6 0,5	0,0 1129,5 0,0	5,0 32,2 183,3	0,0 10226,7 0,0	0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0	139,8 13404,0 183,8
MAR.	1,4 30,1 1,8	1479,8 14774,8 298,4	488,0 802,1 815,3	48,9 300,0 532,9	0,0 63,0 0,0	0,0 294,2 0,0	0,0 98,6 0,0	0,1 274,7 0,0	2018,2 16637,5 1648,4
QUÉ.	0,2 139,9 23,6	21,0 702,7 0,0	3880,5 36936,7 2109,5	141,8 886,0 13,7	2,9 3,5 0,0	1,4 0,7 0,0	8,0 0,4 0,0	2,3 9,3 0,0	4058,1 38679,4 2146,8
ONT.	0,3 202,5 0,0	29,6 2,4 24,1	932,1 9106,5 863,3	10511,2 55910,9 3656,3	20,4 60,5 0,0	0,7 7,7 0,0	1,3 10,9 0,0	185,1 462,8 0,0	11680,8 65764,2 4543,6
MAN.	0,0 0,3 0,0	1,3 158,1 0,0	62,2 279,3 0,0	85,8 395,3 0,0	1640,2 7850,7 0,0	20,9 103,0 0,0	81,9 205,3 0,0	5,5 0,0 0,0	1897,7 8992,1 0,0
SAS.	0,0 0,0 0,0	0,8 0,1 0,0	13,5 786,8 0,0	53,4 2432,4 0,0	162,2 504,2 0,0	329,0 5751,2 0,0	2,4 103,7 0,0	3,2 32,0 0,0	564,5 9610,5 0,0
ALB.	0,0 43,8 0,0	46,4 62,6 0,0	166,0 10665,7 0,0	309,3 28911,8 0,0	51,5 2359,0 0,0	131,6 3493,5 0,0	1054,7 33817,0 0,0	111,0 8427,4 0,0	1870,5 87780,8 0,0
C.B.	0,0 0,0 0,0	0,0 8,9 0,0	59,6 1030,6 0,0	307,2 3358,3 0,0	149,6 320,5 0,0	6,3 176,7 0,0	1081,1 1235,1 0,0	7799,0 26170,2 29297,8	9402,9 32300,2 29297,8
TOTAL	136,7 2432,3 26,0	1578,9 16839,1 322,4	5607,0 59640,0 3971,3	11457,7 102421,5 4202,8	2026,8 11161,3 0,0	489,8 9827,0 0,0	2229,4 35471,0 0,0	8106,2 35376,4 29297,8	31632,5 273168,5 37820,4

TABLEAU 4-4

FLUX INTERPROVINCIAUX (TONNES 000) PAR MODE DE TRANSPORT (TRAIN/CAMION/BATEAU)
PRODUITS BRUTS TRANSFORMÉS (BIENS # 31 - 51)

	T.N.	MAR.	QUÉ.	ONT.	MAN.	SAS.	ALB.	C.B.	TOTAL
T.N	2,1 1004,9 184,6	0,7 13,6 10,7	0,0 20,0 11,5	0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0	2,9 1038,5 206,7
MAR.	16,4 385,9 1276,4	1186,8 9714,9 2645,7	122,8 266,5 1234,3	149,9 773,2 0,0	7,4 34,1 0,0	2,7 11,0 0,0	4,6 15,9 0,0	1,5 19,2 0,0	1492,1 11220,8 5156,4
QUÉ.	26,1 499,7 740,3	240,6 430,1 313,4	3220,4 28834,4 4458,7	2726,5 6841,3 245,6	62,9 306,5 0,0	18,4 55,1 0,0	89,7 124,5 0,0	72,8 193,2 95,6	6457,6 37284,8 5853,6
ONT.	18,5 135,7 6,4	365,0 370,2 38,1	1881,3 1624,1 792,6	3856,8 44480,3 4168,1	337,3 380,2 0,0	116,5 290,9 0,0	732,2 720,1 0,0	328,6 314,0 0,0	7636,3 48315,4 5005,2
MAN.	0,0 2,3 0,0	7,4 2,6 0,0	21,2 8,6 0,0	70,6 106,0 0,0	203,3 2244,9 0,0	61,9 122,4 0,0	38,3 41,7 0,0	13,4 6,3 0,2	416,2 2534,9 0,2
SAS.	0,1 1,0 0,0	0,3 7,3 0,0	30,3 47,6 0,0	40,6 177,1 0,0	130,8 392,8 0,0	148,4 2077,9 0,0	89,4 50,1 0,0	21,8 29,7 0,0	461,7 2783,4 0,0
ALB.	0,2 10,4 0,0	3,1 17,6 0,0	49,1 71,8 0,0	322,5 2178,0 0,0	334,5 749,8 0,0	229,3 3765,8 0,0	975,6 12671,8 0,0	913,5 490,8 0,0	2827,7 19956,1 0,0
C.B.	11,3 3,6 0,0	63,7 7,1 0,0	192,8 22,3 0,0	467,7 141,7 0,0	139,1 86,0 0,0	145,5 153,9 0,0	684,1 809,1 0,0	1426,4 11740,3 2813,5	3130,7 12964,1 2813,5
TOTAL	74,8 2043,5 2207,7	1867,7 10563,5 3007,8	5518,0 30895,3 6497,1	7634,5 54697,6 4413,8	1215,3 4194,2 0,0	722,7 6477,1 0,0	2614,0 14433,3 0,0	2778,1 12793,5 2909,3	22425,1 136098,0 19035,6

TABLEAU 4-4

FLUX INTERPROVINCIAUX (TONNES 000) PAR MODE DE TRANSPORT (TRAIN/CAMION/BATEAU)
BIENS MANUFACTURÉS (BIENS # 52 - 64)

	T.N.	MAR.	QUÉ.	ONT.	MAN.	SAS.	ALB.	C.B.	TOTAL
T.N	33,3 197,4 8,4	0,0 3,7 0,1	0,0 0,2 0,1	0,0 0,5 0,0	0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0	33,3 201,9 8,5
MAR.	14,6 37.2 22,8	52,2 949,4 0,2	16,2 78,7 0,0	18,2 62,8 0,0	4,9 3,1 0,0	0,9 2,6 0,0	105,3 24,1 0,0	5,0 11,5 0,0	217,2 1169,4 22,9
QUÉ.	10,1 91,3 28,3	152,3 381,5 0,2	385,1 6486,4 21,4	151,1 1257,5 2,7	34,3 106,7 0,0	23,1 132,9 0,0	329,8 267,2 0,0	73,1 251,3 1,9	1158,9 8974,8 54,6
ONT.	32,7 199,0 0,0	223,7 531,5 0,0	607,2 1756,6 31,3	760,2 12109,2 526,2	150,4 290,5 0,0	165,6 336,2 0,0	780,2 938,6 0,0	275,2 676,6 0,0	2995,2 16838,2 557,5
MAN.	0,0 4,6 0,0	0,5 12,4 0,0	4,5 41,5 0,0	53,9 129,6 0,0	120,4 545,7 0,0	36,1 102,5 0,0	102,5 61,0 0,0	17,4 25,2 3,4	335,3 922,5 3,4
SAS.	0,1 1,6 0,0	2,1 1,3 0,0	0,6 4,8 0,0	3,1 6,3 0,0	0,6 47,1 0,0	17,2 551,6 0,0	14,2 70,1 0,0	0,7 13,5 0,0	38,5 695,3 0,0
ALB.	0,1 2,4 0,0	0,4 8,0 0,0	2,9 11,4 0,0	6,0 46,4 0,0	10,5 31,2 0,0	68,7 83,3 0,0	395,4 2521,4 0,0	52,1 365,4 0,0	536,1 3069,5 0,0
C.B.	0,0 3,0 0,0	0,5 11,6 0,0	7,7 27,8 0,2	10,0 34,3 0,0	7,3 10,7 0,1	13,7 33,5 0,0	82,3 188,0 0,0	183,4 2088,4 278,4	304,9 2397,2 278,6
TOTAL	90,8 535,5 59,5	431,6 1899,4 0,4	1024,2 8407,4 53,0	1002,6 13646,6 528,9	328,3 1035,0 0,1	325,2 1242,5 0,0	1809,7 4070,3 0,0	607,0 3431,9 283,7	5619,4 34268,7 925,5

TABLEAU 4-4

TONNAGE TRANSPORTÉ PAR BIEN ET PAR MODE (1979)

No	Nom du bien	Camion	Chemin de fer	Bateau	TOTAL
1	Animaux vivants	3 281 912	79 410	43	3 361 365
2	Produits de la viande	3 603 345	192 950	6 407	3 802 701
3	Poissons et produits	366 682	21 822	8 479	396 982
4	Produits laitiers, oeuf, miel	2 711 091	29 992	893	2 741 975
5	Blé	2 416 331	684 417	46 373	3 147 120
6	Autres céréales	2 167 679	798 795	46 329	3 012 803
7	Farine de blé	1 146 901	344 144	578	1 491 623
8	Produits céréaliers, autres	1 845 473	297 573	30 032	2 173 078
9	Fruits, légumes, autres aliments	3 421 236	1 132 491	105 285	4 659 012
10	Sucre, mélasse, sirop	1 183 779	403 275	9 904	1 596 958
11	Aliments pour animaux	9 322 807	1 031 059	93 357	10 447 223
12	Breuvages	1 230 034	100 382	10 173	1 340 588
13	Tabac	141 670	45 284	35	186 989
14	Graines oléagineuses	1 805 974	83 574	6 316	1 895 864
15	Animaux et végétaux bruts	232 945	33 081	112	266 138
16	Bois et copeaux à pâte	29 492 605*	11 878 851	16 005 296	47 376 751
17	Billots, poteaux et autres	35 566 986	2 218 255	9 717 328	57 502 569
18	Minerai et concentrés de fer	11 355 527	141	53	11 355 721
19	Autres minerais métalliques	563 668	7 410 846	1 211 524	9 186 038
20	Charbon	8 628 289	1 410 175	317 605	10 356 069
21	Pétrole brut	61 638 983**	230 820	0	61 869 803
22	Gaz naturel	13 134 374**	0	0	13 134 450
23	Amiante brute	30 683	22 322	0	53 010
24	Sable et gravier	84 582 261	812 422	3 539 817	88 934 500
25	Gypse	2 872 031	333 119	837 817	4 042 967
26	Autres produits des mines	18 884 443	5 377 276	4 510 756	28 772 474
27	Sel	3 520 865	822 462	1 656 250	5 999 576
28	Soufre brut et raffiné	944 114	553 998	18 652	1 516 764
29	Rebuts et ferrailles	1 478 154	341 292	1 038	1 820 443
30	Huiles et graisses (animales et végétales)	475 513	220 548	4 251	700 312
31	Autres dérivés des animaux et végétaux	566 469	15 835	4 255	586 559

TABLEAU 4-4 (SUITE)

TONNAGE TRANSPORTÉ PAR BIEN ET PAR MODE (1979)

No	Nom du bien	Camion	Chemin de fer	Bateau	TOTAL
32	Sciage et bois d'oeuvre	4 508 697	1 544 964	888 819	6 942 480
33	Placages et contre-plaqués	221 607	906 057	24 959	1 152 623
34	Autres produits du bois	1 168 681	99 089	5 805	1 273 575
35	Pâte de bois	85 592	807 409	35 698	928 699
36	Papier journal	238 005	566 453	64 417	868 875
37	Autres papiers	1 727 455	282 584	9 216	2 019 255
38	Cartons, papiers de construction	1 751 755	889 257	54 804	2 695 817
39	Acide sulphurique	674 872	831 151	24 994	1 531 016
40	Produits chimiques industriels	2 018 018	2 823 765	813 074	5 654 857
41	Autres produits chimiques	2 617 863	799 736	14 465	3 432 064
42	Engrais chimiques	3 606 490	1 001 924	11 824	4 620 237
43	Essence	32 446 996	1 547 532	4 559 453	38 553 980
44	Mazout	66 505 922	4 007 506	11 569 267	82 082 694
45	Coke	285 243	240 856	40 293	566 392
46	Gaz liquéfiés	927 708	709 564	0	1 637 272
47	Autres produits du pétrole	7 341 013	1 385 345	453 060	9 179 418
48	Produits du fer et de l'acier	8 360 460	3 565 357	418 033	12 343 850
49	Produits de l'aluminium	663 177	157 535	43 150	863 862
50	Produits du cuivre et alliages	147 774	191 576	0	339 350
51	Autres métaux non ferreux	234 220	51 562	0	285 872
52	Produits métalliques	2 766 028	103 800	23 490	2 893 318
53	Ciment	7 699 877	1 582 441	818 917	10 101 234
54	Produits minéraux non métalliques	12 586 123	1 466 478	25 055	14 077 655
55	Machines industrielles	387 747	156 761	0	544 507
56	Machines agricoles	109 943	32 623	5 569	148 135
57	Voitures particulières	300 865	227 323	456	528 644
58	Véhicules utilitaires	205 555	441 205	440	647 200
59	Pièces pour automobiles	574 024	296 763	702	871 489
60	Autres matériels de transport	415 344	194 564	4 941	614 850

TABLEAU 4-4 (SUITE)

TONNAGE TRANSPORTÉ PAR BIEN ET PAR MODE (1979)

No	Nom du bien	Camion	Chemin de fer	Bateau	TOTAL
61	Autres équipements manufacturiers	447 902	292 491	16 612	757 005
62	Objets personnels et ménagers	3 110 008	434 190	3 639	3 547 838
63	Contenants (boîtes, bouteilles)	2 697 245	165 675	21 570	2 884 490
64	Produits manufacturés divers	2 968 008	225 071	4 144	3 197 223
TOTAL		478 413 036	64 955 302	58 145 821	601 514 159

* inclus des mouvements effectués par flottage
** est composé presque exclusivement de mouvements effectués par pipeline

Cependant, la faible qualité des données détenues par le C.I.G.G.T. empêche la réalisation de cet objectif. Pour la même raison, nous ne pouvons évaluer la part du volume total transporté par camion privé pour chacun des biens. Nous pouvons toutefois présenter pertinemment une comparaison de ces deux types de camionnage pour le groupe essence et charbon, pour le Québec. D'une part, parce que le ministère des Transports du Québec a réalisé une enquête sur le sujet (tableau 4-1) qui nous servira de base de référence et, d'autre part, parce que selon cette enquête les flux intrazonaux québécois constituent plus de 70% du volume total en provenance ou à destination du Québec, ce qui minimise l'éventualité d'avoir du double comptage à l'intérieur des données du C.I.G.G.T.

Reprenant le tableau 4-1, le trafic routier en provenance ou à destination du Québec peut se répartir comme suit :

- camionnage privé : 98%
- camionnage public : 2 %

Enfin, en utilisant notre évaluation ainsi que les données de base du C.I.G.G.T., nous obtenons les résultats suivants qui concordent d'excellente manière avec les résultats de l'enquête du ministère des Transports du Québec :

- camionnage privé : 91%
- camionnage public : 9%

4.2 Calcul du coût de transport interzonal

En ce qui concerne le chemin de fer et le camionnage, la banque du C.I.G.G.T. contient les revenus des transporteurs associés à chaque paire origine/ destination pour les différents biens. Il a donc été possible de calculer directement le coût unitaire de transport par tonne, CT_{ij}^{k}, pour ces deux modes, pour chaque paire où des mouvements de marchandises ont été

comptabilisés par le C.I.G.G.T. Ce coût unitaire correspond au rapport entre le revenu et le tonnage enregistré par le C.I.G.G.T. entre deux régions.

Bien que les données relatives aux mouvements par camion soient assez peu fiables, nous supposons que le rapport du revenu sur le flux, pour une paire donnée, constitue une mesure valable du coût de transport. Cette hypothèse se défend dans la mesure où l'on postule que l'erreur d'estimation portant sur l'évaluation des flux et des revenus est sensiblement la même.

Il existe toutefois de nombreuses paires origine/destination de moindre importance pour lesquelles le C.I.G.G.T. n'a comptabilisé aucun flux de camionnage, et auxquelles notre procédé d'évaluation du camionnage total a associé un trafic routier. Pour chacun de ces cas, le coût de transport peut être estimé à l'aide d'une régression des coûts comptabilisés par le C.I.G.G.T., en fonction de la distance et du volume total transporté par camion.

Cette façon de procéder comporte cependant un inconvénient de taille. En effet, comme une large proportion des coûts estimés de cette manière correspondent à des flux totaux de marchandises transportées uniquement par camion, on retrouve un nombre important de paires origine/destination pour lesquelles le flux total observé est associé à un coût de transport lui-même déterminé par le flux observé. La présence indirecte du flux observé comme variable indépendante pour plusieurs paires origine/destination dans le modèle d'estimation de ces mêmes flux observés conduit donc inévitablement à des résultats incorrects.

Dans le but de contourner cette difficulté, nous avons plutôt choisi d'effectuer l'estimation des flux observés en utilisant le sous-ensemble des observations où le C.I.G.G.T. rapporte des flux par camion non nuls. Cet échantillon correspond de façon générale à 20% des observations mais représente plus de 90% du volume transporté.

En ce qui a trait à la navigation, nous n'avons pas été en mesure de calculer les coûts unitaires de transport puisqu'aucune information relative aux revenus des transporteurs maritimes n'est disponible. Les coûts de transport interzonaux utilisés sont donc des moyennes pondérées des coûts par chemin de fer et camionnage. Plus précisément, ces coûts se définissent de la façon suivante :

$$CTK_{ij}^{k} = \frac{\sum_{m} CT_{ij}^{km} \cdot \frac{\sum_{i}\sum_{j} x_{ij}^{km}}{\sum_{i}\sum_{j}\sum_{m} x_{ij}^{km}}}{D_{ij} \cdot PR_{i}^{k}}$$

où :

CTK_{ij}^{k}[1] représente le coût de transport par kilomètre d'un dollar du bien k, pour un flux allant de la zone i à la zone j.

CT_{ij}^{km} représente le coût de transport d'une tonne du bien k par le mode m (chemin de fer ou camionnage) entre les zones i et j.

x_{ij}^{km} représente le flux du bien k (en tonnes) par le mode m entre les zones i et j, tel que comptabilisé à la section 4.1

D_{ij} représente la distance par route entre les zones i et j.

PR_{i}^{k} représente le prix par tonne du bien k dans la zone i.

---

[1] Les coûts de transport sont par dollar d'output, de façon à respecter le système d'unité utilisé dans le modèle de génération/distribution décrit au chapitre III.

A l'intérieur de cette formulation, les poids accordés aux coûts de transport par chemin de fer et route demeurent identiques pour chacune des paires origine/destination. L'utilisation d'une pondération basée sur la moyenne des mouvements effectués par chacun des modes, par opposition à l'emploi de poids proportionnels aux flux réels comptabilisés sur chaque paire origine/destination, se révèle dans ce cas-ci nécessaire. En effet, bien que cette méthode conduise à des coûts interzonaux moins réalistes, elle permet de construire une expression du coût de transport dans laquelle on ne retrouve pas la variable dépendante z^k_{ij}.

4.3 Variables de production et d'attraction

Le flux x^k_{ij} dépend du niveau de production du bien k dans la zone i et de son niveau de consommation dans la zone j. Cependant, ce flux sera d'autant plus faible que la zone i est grande consommatrice ou que la zone j est grande productrice du bien k. De la même façon, un niveau élevé d'exportation pour la zone i entraînera une diminution des flux domestiques provenant de la zone i.

De bons indicateurs du niveau des flux interrégionaux (i≠j) doivent tenir compte de ces deux aspects du problème. Les variables utilisées sont donc la consommation nette domestique et la production nette domestique. C'est-à-dire que pour le bien k et une paire origine/destination (i,j) donnée, les variables de production et d'attraction sont les suivantes :

$$P^k_i = \sum_{j \neq i} x^k_{ij} \text{ et } A^k_j = \sum_{i \neq j} x^k_{ij} \qquad (i \neq j)$$

Dans le cas des flux intrarégionaux (i=j), cette distinction entre production nette et brute n'est plus nécessaire. En effet, en supposant que la région d'origine s'approvisionne en premier lieu, toute la production zonale se trouve disponible (ce qui n'est pas le cas pour les zones extérieures) et le potentiel attractif de la région correspond également à la consommation totale.

Sans cette distinction, les flux intrarégionaux sont systématiquement sous-estimés. C'est donc dire que pour une zone d'origine i, les variables coût et distance semblent discriminer adéquatement les différentes zones de destination j, mais ne réussissent pas à établir une distinction entre une destination i ou j. Pour les flux intrarégionaux, les variables de production et d'attraction s'écrivent de la manière suivante : $P_i^k = \sum_j x_{ij}^k$ et $A_j^k = \sum_i x_{ij}^k \qquad (i=j)$

4.4 Résultats des estimations des flux observés

Une spécification de la forme suivante a été utilisée pour chacun des biens[1] :

$$\ln z_{ij}^k = \beta_0 + \beta_1 \ln CTK_{ij}^k + \beta_2 \ln D_{ij} + \beta_3 \ln P_i^k + \beta_4 \ln A_j^k + u_{ij}^k \quad (4\text{-}6)$$

Puisque les zones géographiques utilisées ne sont pas toutes de taille identique, des problèmes d'hétéroscédasticité peuvent toutefois surgir lors de l'estimation de ce modèle.

Nous avons donc supposé une hétéroscédasticité de la forme suivante:

$$(\sigma_{ij}^k)^2 = E[(u_{ij}^k)^2] = \sigma^2 (P_i^k \cdot A_j^k)^\alpha \; . \quad (4\text{-}7)$$

La valeur de α est obtenue en remplaçant $(\sigma_{ij}^k)^2$ par son estimateur $(e_{ij}^k)^2$ obtenu à partir de (4-6), et en estimant par les moindres carrés l'équation :

$$\log (e_{ij}^k)^2 = \log \sigma^2 + \alpha \log (P_i^k \cdot A_j^k) + v_{ij}^k \quad (4\text{-}8)$$

---

[1] Parmi les formes couramment utilisées : linéaires, semi-log, log-linéaires, cette dernière s'est avérée la plus efficace pour l'explication des flux observés. L'utilisation d'une forme flexible incorporant des transformations de Box-Cox aurait sans doute été préférable; toutefois, compte tenu du nombre élevé de régressions à effectuer, cette voie n'aurait pu être suivie qu'à un coût très élevé.

Dans près de 25% des cas, l'hypothèse Ho : $\alpha=0$ fut rejetée, impliquant l'hétéroscédasticité du modèle. Pour chacun de ces biens, le modèle a été transformé de manière à le rendre homoscédastique en divisant (4-6) par $(P_i^k \cdot A_j^k)^{\alpha/2}$, l'expression (4-6) devient ainsi :

$$\frac{\ell n\, z_{ij}^k}{(P_i^k.A_j^k)^{\alpha/2}} = \frac{\beta_0}{(P_i^k.A_j^k)^{\alpha/2}} + \beta_1 \frac{\ell n\, CTK_{ij}^k}{(P_i^k.A_j^k)^{\alpha/2}} + \beta_2 \frac{\ell n\, D_{ij}}{(P_i^k.A_j^k)^{\alpha/2}}$$
$$+ \beta_3 \frac{\ell n\, P_i^k}{(P_i^k.A_j^k)^{\alpha/2}} + \beta_4 \frac{\ell n\, A_j^k}{(P_i^k.A_j^k)^{\alpha/2}} + W_{ij}^k \qquad (4\text{-}9)$$

Le tableau 4-9 présente pour chaque bien les résultats des estimations.[1]

Les coefficients associés aux coûts de transport et à la distance se sont avérés significativement différents de zéro (test de niveau .05) et de signe attendu dans plus de 80% des cas. Les variables de production et d'attraction sont, pour leur part, significatives dans près de 95% des cas. La valeur moyenne du R^2 est de .53, ce qui est satisfaisant pour ce type d'étude.

Les résultats indiquent que de façon générale l'impact relatif de la distance sur le flux est supérieur à celui du coût de transport. En effet, la valeur moyenne de l'élasticité du flux par rapport à la distance, donnée par la valeur du coefficient β_2, s'élève à -0,98, alors que l'élasticité par rapport au coût s'établit en moyenne à -0,65. En dépit des subventions tarifaires aux zones éloignées, il semble donc que l'éloignement constitue un facteur important de sous-développement au Canada.

---

[1] Les biens pour lesquels le modèle a été transformé sont les suivants : #2, 4, 6, 7, 16, 18, 19, 26, 33, 38, 46, 58, 60 et 62.

TABLEAU 4-9

RÉSULTATS DES ESTIMATIONS DES FLUX OBSERVÉS

No	Nom du bien	CST	CTK^k_{ij}	D_{ij}	P^k_i	A^k_j	R^2	Nombre d'observations
1	Animaux vivants	5,793 (3,890)[1]	- 0,225 (- 1,750)	- 0,976 (- 8,960)	0,700 (6,680)	0,508 (7,220)	,42	300
2	Produits de la viande	7,347 (7,410)	- 0,623 (- 4,530)	- 1,242 (- 8,700)	0,482 (9,370)	0,425 (5,180)	,33	331
3	Poissons et produits	4,764 (2,480)	- 0,540 (- 2,660)	- 0,709 (- 3,530)	0,775 (5,650)	0,112 (0,716)	,36	158
4	Produits laitiers, oeuf, miel	4,667 (3,180)	- 0,418 (- 3,540)	- 1,256 (-11,670)	0,728 (6,240)	0,526 (5,550)	,50	246
5	Blé	3,957 (2,440)	0,175 (1,110)	- 0,342 (- 2,680)	0,564 (7,440)	0,542 (6,240)	,32	216
6	Autres céréales	10,002 (8,210)	- 0,067 (- 0,390)	- 0,944 (- 6,940)	0,543 (8,720)	0,077 (0,935)	,35	400
7	Farine de blé	7,609 (7,750)	- 0,266 (- 2,540)	- 0,901 (- 6,750)	0,330 (4,590)	0,463 (5,460)	,35	246
8	Produits céréaliers, autres	6,872 (5,020)	- 0,142 (- 1,100)	- 0,878 (- 6,320)	0,583 (7,180)	0,477 (4,650)	,37	264
9	Fruits, légumes, autres aliments	1,450 (1,700)	- 0,647 (- 7,760)	- 0,942 (-12,260)	0,689 (16,700)	0,439 (7,950)	,36	802
10	Sucre, mélasse, sirop	2,608 (1,170)	- 0,649 (- 2,280)	- 1,378 (- 5,860)	0,587 (6,970)	0,709 (5,070)	,60	104
11	Aliments pour animaux	3,795 (2,740)	- 0,348 (- 2,310)	- 1,174 (- 9,690)	0,632 (9,580)	0,539 (7,150)	,44	471
12	Breuvages	7,211 (5,350)	- 0,785 (- 5,410)	- 1,357 (-11,080)	0,619 (8,310)	0,151 (1,590)	,43	247

TABLEAU 4-9 (suite)

RÉSULTATS DES ESTIMATIONS DES FLUX OBSERVÉS

No	Nom du bien	CST	CTK^k_{ij}	D_{ij}	P^k_i	A^k_j	R^2	Nombre d'observations
13	Tabac	2,546 (0,900)	- 0,727 (- 2,950)	- 0,574 (- 2,160)	0,762 (6,870)	0,153 (0,750)	,61	47
14	Graines oléagineuses	2,529 (0,850)	0,017 (0,050)	- 0,437 (- 1,210)	0,760 (5,710)	0,408 (2,880)	,36	93
15	Animaux et végétaux bruts	7,956 (8,220)	- 0,339 (- 3,490)	- 1,150 (-11,750)	0,455 (7,050)	0,548 (9,530)	,50	313
16	Bois et copeaux à pâte	1,574 (0 850)	- 1,136 (- 2,780)	- 1,579 (- 4,140)	0,458 (3,530)	0,576 (9,190)	,63	67
17	Billots, poteaux et autres	4,583 (3,110)	- 0,690 (- 2,970)	- 1,909 (- 9,260)	0,714 (10,130)	0,496 (7,400)	,69	160
18	Minerai et concentrés de fer	1,937 (0,100)	0,141 (0,090)	- 0,485 (- 0,380)	0,676 (3,670)	0,432 (1,320)	,65	7
19	Autres minerais métalliques	1,513 (2,110)	- 0,951 (-15.470)	- 0,957 (-10,950)	0,404 (9,830)	0,419 (11,480)	,62	297
20	Charbon	- 1,194 (- 0,490)	- 1,831 (- 7,670)	- 1,263 (- 4,020)	0,328 (3,390)	0,341 (3,780)	,70	72
21	Pétrole brut	-13,858 (- 1,780)	0,687 (1,300)	1,868 (2,050)	0,737 (4,690)	1,077 (4,080)	,82	10
22[2]	Gaz naturel	---	---	---	---	---	-	-
23	Amiante brute	0,743 (0,270)	0,058 (0,110)	0,215 (0,640)	0,406 (1,880)	0,840 (7,400)	,79	29
24[2]	Sable et gravier	---	---	---	---	---	-	-

TABLEAU 4-9 (suite)

RÉSULTATS DES ESTIMATIONS DES FLUX OBSERVÉS

No	Nom du bien	CST	CTK_{ij}^{k}	D_{ij}	P_{i}^{k}	A_{j}^{k}	R^2	Nombre d'observations
25	Gypse	1,379 (0,590)	- 0,228 (- 0,440)	- 0,591 (- 1,540)	0,705 (9,290)	0,305 (3,520)	,78	35
26	Autres produits des mines	7,084 (9,350)	- 0,953 (-24,520)	- 1,308 (-14.590)	0,219 (5,110)	0,319 (8,740)	,69	332
27	Sel	2,111 (1,210)	- 0,232 (- 1,380)	- 0,272 (- 1,520)	0,743 (17,580)	0,101 (1,000)	,76	106
28	Soufre brut et raffiné	- 3,576 (- 3,280)	- 0,539 (- 3,600)	- 0,743 (- 4,940)	0,710 (8,990)	0,779 (10,270)	,61	148
29	Rebuts et ferrailles	5,216 (4,920)	- 1,040 (-15,020)	- 1,415 (-12,520)	0,407 (7,040)	0,329 (6,500)	,66	198
30	Huiles et graisses (animales et végétales)	2,356 (1,550)	- 1,140 (- 5,680)	- 1,316 (- 7,480)	0,419 (5,770)	0,453 (5,990)	,49	150
31	Autres dérivés des animaux et végétaux	0,397 (0,500)	- 0,790 (- 8,720)	- 0,791 (- 9,040)	0,656 (19,380)	0,529 (12,550)	,64	354
32	Sciage et bois d'oeuvre	2,363 (3,050)	- 0,805 (- 7,330)	- 1,567 (-20,230)	0,655 (16,420)	0,558 (14,400)	,53	808
33	Placages et contre-plaqués	- 9,302 (- 5,110)	- 0,672 (- 2,920)	- 0,489 (- 3,960)	0,882 (15,650)	0,941 (16,060)	,51	415
34	Autres produits du bois	4,328 (4,150)	- 0,483 (- 5,400)	- 0,967 (- 9,570)	0,606 (12,830)	0,445 (6,210)	,41	386
35	Pâte de bois	- 4,389 (- 2,560)	- 1,980 (- 7,090)	- 1,352 (- 7,540)	0,403 (6,530)	0,329 (5,430)	,52	182
36	Papier journal	0,543 (0,230)	- 0,842 (- 2,760)	- 0,914 (- 4,390)	0,533 (7,070)	0,473 (4,150)	,41	135

TABLEAU 4-9 (suite)

RÉSULTATS DES ESTIMATIONS DES FLUX OBSERVÉS

No	Nom du bien	CST	CTK^k_{ij}	D_{ij}	P^k_i	A^k_j	R^2	Nombre d'observations
37	Autres papiers	2,004 (1,510)	- 0,696 (- 4,680)	- 0,937 (- 7,080)	0,664 (14,270)	0,387 (4,320)	,58	230
38	Cartons, papiers de construction	2,995 (2,490)	- 0,623 (- 3,720)	- 0,882 (- 6,350)	0,519 (14,640)	0,409 (5,760)	,43	324
39	Acide sulphurique	- 4,890 (- 2,850)	- 0,629 (- 2,600)	- 0,438 (- 2,060)	0,686 (6,750)	0,706 (6,780)	,46	136
40	Produits chimiques industriels	- 1,300 (- 1,230)	- 1,252 (- 8,890)	- 1,298 (-12,320)	0,574 (14,840)	0,445 (9,060)	,45	523
41	Autres produits chimiques	- 0,267 (- 0,340)	- 0,768 (- 9,330)	- 0,832 (-10,570)	0,653 (21,670)	0,492 (9,870)	,56	584
42	Engrais chimiques	- 0,796 (- 0,600)	- 0,284 (- 1,810)	- 0,557 (- 4,200)	0,649 (12,600)	0,648 (8,960)	,44	318
43	Essence	0,490 (0,220)	- 0,971 (- 4,420)	- 1,280 (- 7,290)	0,626 (13,440)	0,434 (2,960)	,56	237
44	Mazout	5,594 (2,550)	- 0,413 (- 1,940)	- 1,337 (- 8,570)	0,741 (18,580)	0,254 (1,870)	,63	295
45	Coke	-12,842 (- 1,670)	- 2,935 (- 2,840)	- 1,712 (- 2,150)	0,806 (1,330)	0,481 (2,530)	,60	19
46	Gaz liquéfiés	9,631 (6,960)	- 0,386 (- 1,940)	- 1,366 (- 9,170)	0,312 (6,060)	0,439 (6,020)	,49	213
47	Autres produits du pétrole	2,256 (1,730)	- 0,700 (- 5,450)	- 1,147 (-10,060)	0,628 (17,290)	0,445 (5,670)	,56	319
48	Produits du fer et de l'acier	- 0,401 (- 0,410)	- 0,908 (- 7,030)	- 0,954 (-10,120)	0,526 (21,930)	0,505 (13,670)	,59	527

TABLEAU 4-9 (suite)

RÉSULTATS DES ESTIMATIONS DES FLUX OBSERVÉS

No	Nom du bien	CST	CTK^k_{ij}	D_{ij}	P^k_i	A^k_j	R^2	Nombre d'observations
49	Produits de l'aluminium	6,598 (3,580)	- 0,411 (- 2,190)	- 0,915 (- 5,510)	0,437 (5,380)	0,478 (6,240)	,51	127
50	Produits du cuivre et alliages	3,658 (1,060)	- 0,140 (- 0,370)	- 0,167 (- 0,480)	0,566 (6,490)	0,565 (3,480)	,61	49
51	Autres métaux non ferreux	6,311 (2,860)	- 0,088 (- 0,380)	- 0,164 (- 0,890)	0,624 (10,050)	0,263 (3,270)	,60	83
52	Produits métalliques	- 0,641 (- 0,920)	- 1,052 (-15,070)	- 1,090 (-16,300)	0,741 (28,920)	0,390 (8,260)	,63	611
53	Ciment	1,284 (0,660)	- 1,511 (- 3,650)	- 1,181 (- 4,310)	0,583 (10,170)	0,101 (0,920)	,73	56
54	Produits minéraux non métalliques	1,496 (1,450)	- 0,716 (- 8,150)	- 1,317 (-16,050)	0,665 (18,680)	0,544 (8,310)	,52	582
55	Machines industrielles	2,420 (3,120)	- 0,574 (- 8,000)	- 0,711 (-12,290)	0,610 (22,000)	0,496 (11,900)	,46	784
56	Machines agricoles	7,235 (6,000)	- 0,471 (- 3,330)	- 0,894 (- 7,810)	0,504 (12,910)	0,310 (3,780)	,51	280
57	Voitures particulières	- 6,510 (- 1,700)	- 1,026 (- 2,270)	- 0,502 (- 1,580)	0,725 (7,910)	0,627 (3,090)	,45	95
58	Véhicules utilitaires	2,807 (1,820)	- 0,726 (- 4,080)	- 0,700 (- 5,810)	0,466 (10,570)	0,334 (7,470)	,56	254
59	Pièces pour automobiles	2,829 (2,940)	- 0,571 (- 3,990)	- 0,865 (- 6,560)	0,601 (12,940)	0,508 (10,220)	,43	383
60	Autres matériels de transport	4,627 (4,490)	- 0,400 (- 4,830)	- 0,486 (- 5,880)	0,561 (15,300)	0,313 (4,250)	,42	340

TABLEAU 4-9 (suite)

RÉSULTATS DES ESTIMATIONS DES FLUX OBSERVÉS

No	Nom du bien	CST	CTK^k_{ij}	D_{ij}	P^k_i	A^k_j	R^2	Nombre d'observations
61	Autres équipements manufacturiers	0,717 (0,960)	- 0.691 (- 8,160)	- 0,819 (-11,090)	0,635 (24,240)	0,589 (14,240)	,51	758
62	Objets personnels et ménagers	0,570 (0,860)	- 0,698 (-10,320)	- 0,682 (-12,370)	0,766 (41,080)	0,342 (7,770)	,65	1006
63	Contenants (boîtes, bouteilles)	5,638 (6,160)	- 0,629 (- 6,700)	- 1,380 (-15,770)	0,757 (16,960)	0,293 (5,190)	,52	524
64	Produits manufacturés divers	6,854 (7,380)	- 0,942 (-10,630)	- 1,865 (-20,610)	0,607 (12,520)	0,356 (5,990)	,44	737

1 Les valeurs entre parenthèses représentent les statistiques t.

2 Le C.I.G.G.T. ne comptabilise aucun flux pour ces biens.

CHAPITRE V

RÉSOLUTION DU MODÈLE

Dans ce chapitre, nous présentons la méthode de résolution du modèle de génération/distribution TOMM-D. L'approche retenue, développée en collaboration avec Michel Bousquet (1987)[1], est de type dual et basée sur la méthode Gauss-Seidel.

5.1 Formulation primale du modèle

Rappelons que le module de génération/distribution du modèle TOMM-D se formule comme suit :

$$(P_1) \qquad \text{Min} \sum_{i=1}^{R} \sum_{j=1}^{R} \sum_{k \in I_1} x_{ij}^k \left(\ell n \frac{x_{ij}^k}{\tilde{z}_{ij}^k} - 1 \right)$$

$$\text{s.a.} \sum_{j=1}^{R} x_{ji}^k = \sum_{h \in I_1} \alpha_i^{kh} \sum_{j=1}^{R} x_{ij}^h + \gamma_i^k \qquad k \in I_1 \quad i=1,\ldots,R$$

$$x_{ij}^k \geq 0 \qquad k \in I_1 \quad i,j=1,\ldots,R$$

où la fonction objectif est une fonction convexe.

Nous allons transformer le modèle (P_1) en un modèle équivalent (P_2) afin de faciliter la résolution du problème, grâce à la forme particulière des variables duales correspondant à ce nouveau modèle.

Dénotons par y_i^{k+} et y_i^{k-} les variables suivantes :

- $y_i^{k+} = \sum_{j=1}^{R} x_{ij}^k$, $\quad i=1,\ldots,R$ et $k \in I_1$
- $y_i^{k-} = \sum_{j=1}^{R} x_{ji}^k$, $\quad i=1,\ldots,R$ et $k \in I_1$

---

[1] Michel Bousquet (1987), mémoire de maîtrise en préparation, département d'IRO, Université de Montréal.
M. Sang Nguyen et Mme Dominique Paskievici ont également participé au développement de l'algorithme.

Le problème (P_1) peut se formuler de manière équivalente, ainsi :

$$(P_2) \qquad \text{Min} \sum_{i=1}^{R} \sum_{j=1}^{R} \sum_{k \in I_1} x_{ij}^k \left(\ell n \frac{x_{ij}^k}{\tilde{z}_{ij}^k} - 1 \right)$$

$$y_i^{k+} = \sum_{j=1}^{R} x_{ij}^k \qquad k \in I_1,\ i=1,\ldots,R \qquad (5.1)$$

$$y_i^{k-} = \sum_{j=1}^{R} x_{ji}^k \qquad k \in I_1,\ i=1,\ldots,R \qquad (5.2)$$

$$y_i^{k-} = \sum_{h \in I_1} \alpha_i^{kh} y_i^{h+} + \psi_i^k \qquad k \in I_1,\ i=1,\ldots,R \qquad (5.3)$$

$$x_{ij}^k \geq 0 \qquad k \in I_1,\ i,j=1,\ldots,R \qquad (5.4)$$

Nous allons considérer le problème sous cette dernière forme (P_2) et dériver les conditions d'optimalité de Kuhn-Tucker.

5.2 Conditions d'optimalité

Soient les variables duales suivantes :

- u_i^k associées à la contrainte (5.1);
- v_i^k associées à la contrainte (5.2);
- g_i^k associées à la contrainte (5.3).

Déterminons le lagrangien L du problème (P_2) :

$$L = \sum_{i=1}^{R} \sum_{j=1}^{R} \sum_{k \in I_1} x_{ij}^k \left(\ell n \frac{x_{ij}^k}{\tilde{z}_{ij}^k} - 1 \right) + \sum_{i=1}^{R} \sum_{k \in I_1} u_i^k \left(y_i^{k+} - \sum_{j=1}^{R} x_{ij}^k \right)$$

$$+ \sum_{i=1}^{R} \sum_{k \in I_1} v_i^k \left(y_i^{k-} - \sum_{j=1}^{R} x_{ji}^k \right)$$

$$+ \sum_{i=1}^{R} \sum_{k \in I_1} g_i^k \left(y_i^{k-} - \sum_{h \in I_1} \alpha_i^{kh} y_i^{k+} - \psi_i^k \right)$$

En annulant les dérivées du lagrangien par rapport aux variables primales, nous obtenons :

$$\cdot \frac{\partial L}{\partial x_{ij}^k} = 0 \rightarrow \ell n \frac{x_{ij}^k}{\tilde{z}_{ij}^k} - u_i^k - v_i^k = 0$$

$$\rightarrow x_{ij}^k = \tilde{z}_{ij}^k \, e^{u_i^k} \, e^{v_j^k} \qquad k \in I_1 \quad i,j=1,\ldots,R$$

$$\cdot \frac{\partial L}{\partial y_i^{k-}} = 0 \rightarrow v_i^k + g_i^k = 0 \qquad k \in I_1 \quad i=1,\ldots,R$$

$$\cdot \frac{\partial L}{\partial y_i^{k+}} = 0 \rightarrow u_i^k - \sum_{h \in I_1} \alpha_i^{hk} \, g_i^h = 0 \qquad k \in I_1 \quad i=1,\ldots,R$$

Les deux dernières conditions se réduisent à :

$$g_i^k = - v_i^k \rightarrow u_i^k = - \sum_{h \in I_1} \alpha_i^{hk} \, v_i^h \qquad k \in I_1 \quad i=1,\ldots,R$$

Les conditions d'optimalité du problème (P_2) deviennent alors :

(P_3)

$$y_i^{k+} = \sum_{j=1}^{R} \tilde{z}_{ij}^k \, e^{u_i^k} \, e^{v_j^k} \qquad k \in I_1 \quad i=1,\ldots,R \qquad (5.5)$$

$$y_i^{k-} = \sum_{j=1}^{R} \tilde{z}_{ji}^k \, e^{u_j^k} \, e^{v_i^k} \qquad k \in I_1 \quad i=1,\ldots,R \qquad (5.6)$$

$$y_i^{k-} = \sum_{h \in I_1} \alpha_i^{kh} \, y_i^{h+} + \psi_i^k \qquad k \in I_1 \quad i=1,\ldots,R \qquad (5.7)$$

$$u_i^k = - \sum_{h \in I_1} \alpha_i^{hk} \, v_i^h \qquad k \in I_1 \quad i=1,\ldots,R \qquad (5.8)$$

avec

$$x_{ij}^k = \tilde{z}_{ij}^k \, e^{u_i^k} \, e^{v_j^k} \qquad k \in I_1 \quad i,j=1,\ldots,R \qquad (5.9)$$

Nous allons donc résoudre le système non linéaire (P_3) qui comporte $4x[I_1]xR$ contraintes et $4x[I_1]xR$ variables, et en déduire la solution optimale x* à l'aide de l'équation (5.9).

5.3 Algorithme de résolution

Afin de résoudre le problème (P_3), nous allons utiliser une méthode itérative basée sur l'algorithme de Gauss-Seidel. Cette méthode se résume comme suit :

étape 0 (Initialisation)

$n = 0$

$$u_i^{k(n)} = v_i^{k(n)} = 0 \qquad k\varepsilon I_1,\ i=1,\ldots R$$

$$y_i^{k+(o)} = \sum_{j=1}^{R} \tilde{z}_{ij}^{k} \qquad k\varepsilon I_1,\ i=1,\ldots,R$$

$$y_i^{k-(o)} = \sum_{j=1}^{R} \tilde{z}_{ji}^{k} \qquad k\varepsilon I_1,\ i=1,\ldots,R$$

$n = 1$

étape 1 (Étape générale)

$$\cdot\ y_i^{k-(n)} = \sum_{h\varepsilon I_1} \alpha_i^{kh}\ y_i^{h+(n-1)} + \Psi_i^k \quad \text{(d'après 5.7)} \qquad k\varepsilon I_1,\ i=1,\ldots,R$$

$$\cdot\ u_i^{k(n)} = -\sum_{h\varepsilon I_1} \alpha_i^{hk}\ v_i^{h(n-1)} \quad \text{(d'après 5.8)} \qquad k\varepsilon I_1,\ i=1,\ldots,R$$

$$\cdot\ v_i^{k(n)} = \ln\left(\frac{y_i^{k-(n)}}{\sum_{j=1}^{R} \tilde{z}_{ji}^{k}\ e^{u_j^{k(n)}}}\right) \quad \text{(d'après 5.6)} \qquad k\varepsilon I_1,\ i=1,\ldots,R$$

$$\cdot\ y_i^{k+(n)} = \sum_{j=1}^{R} \tilde{z}_{ij}^{k}\ e^{u_i^{k(n)}}\ e^{v_j^{k(n)}} \quad \text{(d'après 5.5)} \qquad k\varepsilon I_1,\ i=1,\ldots,R$$

étape 2 (Critère d'arrêt)

Déterminer la fonction duale $D^{(n)}$ obtenue à partir des $v_i^{k(n)}$.

$$D^{(n)} = \sum_{i=1}^{R} \sum_{j=1}^{R} \sum_{k\in I_1} \tilde{z}_i^k \, e^{-\sum_{h\in I_1} \alpha_i^{hk} v_i^{h(n)}} \, e^{v_j^{k(n)}} \left(-\sum_{h\in I_1} \alpha_i^{hk} v_i^{h(n)} + v_j^{k(n)} - 1\right)$$

$$- \sum_{i=1}^{R} \sum_{k\in I_1} v_i^k \left(\sum_{j=1}^{R} \tilde{z}_{ji}^k \, e^{-\sum_{h\in I_1} \alpha_j^{hk} v_j^{h(n)}} \, e^{v_i^{k(n)}} \right)$$

$$- \sum_{h\in I_1} \alpha_i^{kh} \sum_{j=1}^{R} \tilde{z}_{ij}^h \, e^{-\sum_{\ell\in J_1} \alpha_i^{\ell h} v_i^{\ell(n)}} \, e^{v_j^{h(n)}} - \Psi_i^k \Big)$$

- Si $\left(\dfrac{D^{(n)} - D^{(n-1)}}{D^{(n)} - D^{(1)}}\right) > \varepsilon_1$ quand $n > 1$

et/ou si $\left(\dfrac{D^{(n-1)} - D^{(n)}}{D^{(n-1)}}\right) > \varepsilon_2$ quand $n > 1$

ou si $D^{(n)} \neq D^{(0)}$ quand $n = 1$

faire $n = n+1$ et retourner à l'étape 1 .

- Sinon, faire $x_{ij}^{k*} = \tilde{z}_{ij}^k e^{-\sum_{h\in I_1} \alpha_i^{hk} v_i^{h(n)}} \, e^{v_j^{k(n)}}$ $\quad i,j = 1,\ldots,R$ $\quad k\in I_1$

et arrêter l'algorithme.

Le critère stipule que le processus se termine lorsque, d'une part, la variation relative de la fonction duale est inférieure à une borne ε_2 et que, d'autre part, la variation de la fonction duale attribuable à la dernière itération ne constitue qu'un faible pourcentage de la variation totale depuis la première itération. Pour les divers scénarios considérés, nous avons fixé la valeur de ε_1 à .0001 et celle de ε_2 à .005.

La preuve de convergence de cet algorithme n'ayant pas encore été établie, le critère d'arrêt ne nous assure pas d'obtenir une solution optimale. Toutefois, la quasi-réalisabilité des contraintes primales input/output à la fin du processus indique que la solution se trouve dans le voisinage de l'optimum.

Le taux de convergence expérimentale de l'algorithme est assez rapide, toutefois la réalisabilité des contraintes primales, lors de la dernière itération, dépend de l'importance des modifications apportées à la situation de base. La précision des solutions obtenues est donc directement liée à la nature des scénarios analysés. Retenons cependant que dans chacun des scénarios présentés au chapitre VII, l'erreur moyenne associée à chacune des contraintes input/output est de moins de .1%.

L'avantage de cette approche réside dans le nombre relativement minime d'opérations que nécessite une itération de l'algorithme. À titre de comparaison, considérons la méthode utilisée pour résoudre le modèle TOMM-2 au niveau provincial (Bigras, 1985, chap. 5). Cette méthode est basée sur l'algorithme de Bregman et consiste à effectuer les mises à jour suivantes:

$$\left.\begin{array}{ll} \cdot\ x_{ji}^{k(n)} = x_{ji}^{k(n-1)}\ \delta_i^k & j=1,\ldots,R \\ \cdot\ x_{ij}^{h(n)} = x_{ij}^{h(n-1)}\ (\delta_i^k)^{kh} - d_i & j=1,\ldots,R \\ & h\in I_1 \end{array}\right\} \quad \begin{array}{l} i=1,\ldots,R \\ k\in I_1 \end{array}$$

où δ_i^k représente le facteur de correction.

Si R représente le nombre de régions et K le nombre de biens, le nombre de mises à jour se chiffre à RxKx(R+RxK) à l'intérieur d'une étape de l'algorithme. Par contre, l'algorithme utilisé dans cette thèse nécessite 4xRxK mises à jour par étape et RxKxK à la fin de l'algorithme (pour le calcul des x_{ij}^{k}).

Ainsi, pour notre problème où R=67 et K=64, nous avons les statistiques suivantes :

	Nombre de mises à jour	
Méthode utilisée	par étape	supplémentaires
pour TOMM-2	18 674 240	0
pour TOMM-D	17 152	287 296

Nous constatons que notre méthode est beaucoup plus économique au point de vue du nombre de mises à jour des variables que celle utilisée pour résoudre TOMM-2. De plus, en ce qui concerne l'espace-mémoire requis, nous n'avons besoin que de quatre (4) vecteurs de variables de dimension (67 x 64), tandis que l'autre méthode nécessite un vecteur de dimension (67 x 67 x 64). Par ailleurs, comme cette dernière méthode requiert près d'un millier de secondes pour effectuer une seule itération, elle aurait été difficile à utiliser d'un point de vue pratique.

CHAPITRE VI

FRETNET : MODULE DE CHOIX MODAL

Les sections précédentes nous ont permis de décrire le fonctionnement du modèle TOMM-D, qui simule le niveau global de la demande de transport interrégional. Dans ce chapitre, nous présentons la composante de choix modal du module FRETNET.

Rappelons que le module FRETNET a pour objectifs la répartition modale et l'affectation des flux sur le réseau de transport canadien. Toutefois, comme nous l'avons indiqué à la section 1.2, nous ne traitons pas dans cette thèse du modèle d'affectation mais uniquement de la composante de choix modal du module FRETNET.

Plus particulièrement, nous analysons dans les pages qui suivent les déterminants de la part de marché du camionnage (privé et public) et du chemin de fer. Nous ne considérons donc pas les flux maritimes. L'absence de données sur les tarifs et les temps de transport par navire rend cette simplification nécessaire. Dans la mesure où la navigation n'accapare que 9,7% du trafic domestique et que l'utilisation du navire sur un lien donné est très souvent déterminée par des considérations techniques et d'accessibilité et non par des motifs de compétition intermodale, nous estimons toutefois que cette hypothèse est peu contraignante.

Les modèles analysés sont de type logit et incorporent des transformations de Box-Cox sur les variables de choix, soit : le temps de transport et le tarif. Les différentes spécifications analysées font l'objet de la section suivante, alors que les sections 6.2 et 6.3 traitent respectivement de la construction des variables et des résultats des estimations. Ces résultats sont de deux ordres, tout d'abord ils permettent la comparaison des divers modèles proposés à la section 6.1 et, enfin, ils fournissent différentes évaluations des élasticités prix et temps pour chaque catégorie de biens étudiée.

6.1 Formes fonctionnelles utilisées

La documentation fait état d'un nombre impressionnant d'études basées sur l'utilisation du logit linéaire. Doughety et Inaba (1981), Levin (1977), Boyer (1977), Turner (1975), etc. Toutefois, afin de pallier certaines carences propres à ce type de modèle, plusieurs auteurs ont développé des variantes d'une nature beaucoup moins contraignante[1].

Nous inscrivant dans cette lignée, nous nous proposons, dans ce chapitre, de tester empiriquement certains sous-modèles dérivés du Box-Cox logit.

Analytiquement, le Box-Cox logit se formule de la façon suivante dans le cadre du problème qui nous occupe :

$$P_r = \frac{e^{U_r}}{e^{U_r} + e^{U_c}} \qquad (6\text{-}1)$$

où :

- r représente le chemin de fer.
- c représente le camionnage.
- P_r représente la part estimée du flux utilisant le mode r.
- $U_m (m=r,c)$ représente la fonction d'utilité représentative associée au mode m.

Les fonctions U_m se définissent de la manière suivante :

$$U_r = \beta_0 + \beta_1 p_r^{(\lambda_1)} + \beta_2 t_r^{(\lambda_2)} \qquad (6\text{-}2)$$

---

[1] On retrouve dans Gaudry (1982) une revue détaillée de ces différents modèles, tels le generalized logit (Gaudry, 1978) et le universal logit (McFadden et al., 1976).

$$U_c = \beta_3 p_c^{(\lambda_1)} + \beta_4 t_c^{(\lambda_2)} \qquad (6\text{-}3)$$

avec $X^{(\lambda)} = \begin{cases} \dfrac{X^{\lambda} - 1}{\lambda} & \text{si } \lambda \neq 0 \\ \ell nX & \text{si } \lambda = 0 \end{cases}$ qui représente une transformation de Box-Cox sur la variable X.

où :

$p_m(m=r,c)$ représente le coût de transport par tonne associé au mode m.

$t_m(m=r,c)$ représente le temps de transport associé au mode m.

$\beta_i(i=1,\ldots,4)$ représente un ensemble de paramètres à estimer.

$\lambda_i(i=1,2)$ représente les paramètres à estimer associés aux transformations de Box-Cox.

Dans le cadre de notre travail d'estimation, nous retenons comme fonctions d'utilités représentatives de départ les expressions (6-2) et (6-3) sujettes à la contrainte $\beta_2=\beta_4$. L'imposition de cette restriction résulte du procédé utilisé lors du calcul des temps de trajet. En effet, ceux-ci, comme nous le précisons à la section suivante, s'obtiennent par le biais de fonctions analytiques en regard de la distance de transport. Ces temps de transport étant étroitement corrélés linéairement (ρ = .97), l'inégalité des coefficients β_2 et β_4 pourrait entraîner un problème de multicolinéarité.

D'autres restrictions peuvent également être appliquées aux expressions (6-2) et (6-3), conduisant à toute une série de sous-modèles du Box-Cox logit. Notre travail d'estimation a donc consisté à comparer entre eux les six modèles suivants, qui sont tous des cas particuliers du Box-Cox logit :

modèle I : Les fonctions (6-2) et (6-3) sujettes à la contrainte $\beta_2 = \beta_4$. On obtient alors les fonctions d'utilités représentatives suivantes :

$$U_r = \beta_o + \beta_1 p_r^{(\lambda_1)} + \beta_2 t_r^{(\lambda_2)}$$

$$U_c = \beta_3 p_c^{(\lambda_1)} + \beta_2 t_c^{(\lambda_2)}$$

modèle II : le modèle I sujet à $\beta_1 = \beta_3$

modèle III : le modèle I sujet à $\lambda_1 = \lambda_2$

modèle IV : le modèle I sujet à $\beta_1 = \beta_3$ et $\lambda_1 = \lambda_2$

modèle V : le modèle I sujet à $\beta_1 = \beta_3$ et $\lambda_1 = \lambda_2 = 1$.

modèle VI : le modèle I sujet à $\beta_1 = \beta_3$ et $\lambda_1 = \lambda_2 = 0$.

Notons que le modèle V correspond au logit linéaire fréquemment utilisé.

6.2 Données utilisées

La calibration des modèles nécessite la connaissance des données suivantes pour chaque paire origine/destination :

1) part modale de chaque mode;
2) tarif par mode;
3) temps de transport par mode.

Les sections suivantes abordent tour à tour ces trois points.

6.2.1 Détermination des parts modales

Les parts modales associées à chacune des paires origine/destination ont été calculées en utilisant les matrices de flux par mode décrites à la section 4.1.

L'utilisation d'un modèle de choix modal de type logit, à l'instar de plusieurs autres formulations, nécessite toutefois l'emploi d'observations où les parts associées au chemin de fer et au camionnage doivent être non nulles. Cette restriction réduit considérablement l'échantillon analysé, comme on peut le constater à la colonne E du tableau 6-1, où sont reproduites pour chaque bien les proportions du tonnage terrestre circulant entre des paires origine/destination où les deux modes se partagent le trafic. Dans le pire des cas (bien #33), notre analyse ne porte que sur 5% du tonnage total transporté, alors que pour le bien #48, notre échantillon englobe 90% du tonnage. Ces pourcentages permettent de replacer dans un contexte plus réaliste les estimations des élasticités des parts modales que nous présentons à la section 6.3.2.

A titre indicatif, nous indiquons aux colonnes A, B, C et D du tableau 6-1, pour l'ensemble des paires associées à chacun des biens, la part relative des différents modes (chemin de fer (r), camion (c), bateau (b)) ainsi que la part du trafic terrestre (camionnage et rail) utilisant le chemin de fer. La proportion des mouvements terrestres effectués par chemin de fer à l'intérieur du sous-ensemble de paires retenu fait, quant à elle, l'objet du tableau 6-4, colonne B.

Soulignons enfin que nos données ne nous permettent pas d'analyser la question des mouvements multi-modaux. C'est donc dire que nous ne sommes pas en mesure d'évaluer les flux par camion à destination ou en provenance d'un réseau de chemin de fer. Les flux de biens effectués par le rail demeurent néanmoins de véritables mouvements origine/destination, dans la mesure où le camion n'est généralement employé que sur de faibles distances lorsque le chemin de fer est utilisé.

6.2.2 Détermination des tarifs par mode

Le tarif retenu correspond au revenu moyen par tonne, reçu par le transporteur. Pour les paires origine/destination où le C.I.G.G.T.

TABLEAU 6-1

PARTS RELATIVES DES DIFFÉRENTS MODES AU NIVEAU DE L'ENSEMBLE DES FLUX ET ÉCHANTILLONS RETENUS

		A	B	C	D	E
No	Nom du bien	PART(r)	PART(c)	PART(b)	Part(T_r)	% ECHANT.
1	Animaux vivants	0,02	0,98	0,0001	0,02	0,06
2	Produits de la viande	0,05	0,95	0,0020	0,05	0,23
3	Poissons et produits	0,05	0,93	0,0200	0,06	0,06
4	Produits laitiers, oeuf, miel	0,01	0,99	0,0003	0,01	0,13
5	Blé	0,22	0,77	0,0100	0,22	0,60
6	Autres céréales	0,27	0,71	0,0200	0,27	0,39
7	Farine de blé	0,23	0,77	0,0004	0,23	0,32
8	Produits céréaliers, autres	0,14	0,85	0,0100	0,14	0,35
9	Fruits, légumes, autres aliments	0,24	0,73	0,0300	0,25	0,48
10	Sucre, mélasse, sirop	0,25	0,74	0,0100	0,25	0,33
11	Aliments pour animaux	0,10	0,89	0,0100	0,10	0,43
12	Breuvages*	—	—	—	—	—
13	Tabac*	—	—	—	—	—
14	Graines oléagineuses	0,04	0,95	0,0030	0,04	0,42
15	Animaux et végétaux bruts	0,12	0,88	0,0004	0,12	0,22
16	Bois et copeaux à pâte	0,25	0,62	0,1300	0,29	0,33
17	Billots, poteaux et autres	0,04	0,62	0,3400	0,06	0,18
18	Minerai et concentrés de fer*	—	—	—	—	—
19	Autres minerais métalliques	0,81	0,06	0,1300	0,93	0,06
20	Charbon*	—	—	—	—	—
21	Pétrole brut*	—	—	—	—	—
22	Gaz naturel*	—	—	—	—	—
23	Amiante brute*	—	—	—	—	—
24	Sable et gravier*	—	—	—	—	—
25	Gypse*	—	—	—	—	—
26	Autres produits des mines	0,19	0,66	0,1600	0,22	0,66
27	Sel*	—	—	—	—	—

TABLEAU 6-1 (suite)

PARTS RELATIVES DES DIFFÉRENTS MODES AU NIVEAU DE L'ENSEMBLE DES FLUX ET ÉCHANTILLONS RETENUS

		A	B	C	D	E
No	Nom du bien	PART(r)	PART(c)	PART(b)	Part(T_r)	% ECHANT.
28	Soufre brut et raffiné*	—	—	—	—	—
29	Rebuts et ferrailles	0,19	0,81	0,0010	0,19	0,43
30	Huiles et graisses (animales et végétales)	0,31	0,68	0,0100	0,32	0,21
31	Autres dérivés des animaux et végétaux	0,03	0,97	0,0100	0,03	0,43
32	Sciage et bois d'oeuvre	0,22	0,65	0,130	0,26	0,51
33	Placages et contre-plaqués	0,79	0,19	0,020	0,80	0,05
34	Autres produits du bois	0,08	0,92	0,005	0,08	0,35
35	Pâte de bois*	—	—	—	—	—
36	Papier journal*	—	—	—	—	—
37	Autres papiers	0,14	0,86	0,005	0,08	0,41
38	Cartons, papiers de construction	0,33	0,65	0,020	0,34	0,29
39	Acide sulphurique	0,54	0,44	0,020	0,55	0,10
40	Produits chimiques industriels	0,50	0,36	0,140	0,58	0,41
41	Autres produits chimiques	0,23	0,76	0,004	0,23	0,85
42	Engrais chimiques	0,22	0,78	0,003	0,22	0,61
43	Essence	0,04	0,84	0,120	0,05	0,55
44	Mazout	0,05	0,81	0,140	0,06	0,78
45	Coke*	—	—	—	—	—
46	Gaz liquéfiés	0,43	0,57	0,000	0,43	0,39
47	Autres produits du pétrole	0,15	0,80	0,050	0,16	0,80
48	Produits du fer et de l'acier	0,29	0,68	0,030	0,30	0,90
49	Produits de l'aluminium	0,18	0,77	0,050	0,19	0,35
50	Produits du cuivre et alliages*	—	—	—	—	—
51	Autres métaux non ferreux	0,18	0,82	0,000	0,18	0,50
52	Produits métalliques	0,04	0,95	0,010	0,04	0,54
53	Ciment	0,16	0,76	0,080	0,17	0,46

TABLEAU 6-1 (suite)

PARTS RELATIVES DES DIFFÉRENTS MODES AU NIVEAU DE L'ENSEMBLE DES FLUX ET ÉCHANTILLONS RETENUS

		A	B	C	D	E
No	Nom du bien	PART(r)	PART(c)	PART(b)	Part(T_r)	% ECHANT.
54	Produits minéraux non métalliques	0,10	0,89	0,010	0,10	0,73
55	Machines industrielles	0,29	0,71	0,000	0,29	0,68
56	Machines agricoles	0,22	0,74	0,040	0,23	0,53
57	Voitures particulières*	—	—	—	—	—
58	Véhicules utilitaires	0,68	0,32	0,001	0,68	0,08
59	Pièces pour automobiles	0,34	0,66	0,001	0,34	0,59
60	Autres matériels de transport	0,32	0,67	0,010	0,32	0,60
61	Autres équipements manufacturiers	0,39	0,59	0,020	0,40	0,49
62	Objets personnels et ménagers	0,12	0,88	0,001	0,12	0,68
63	Contenants (boîtes, bouteilles)	0,06	0,93	0,010	0,06	0,73
64	Produits manufacturés divers	0,07	0,93	0,001	0,07	0,60

PART(r) représente la proportion du trafic total utilisant le chemin de fer.

PART(c) représente la proportion du trafic total utilisant le camionnage.

PART(b) représente la proportion du trafic total utilisant le bateau.

PART(T_r) représente la proportion du trafic terrestre utilisant le chemin de fer.

% ECHANT. représente la proportion du tonnage terrestre circulant entre des paires origine/destination où le chemin de fer et le camionnage se partagent le trafic.

* indique les 16 biens qui, faute d'observation, n'ont pu être analysés.

comptabilise un mouvement de marchandises, le calcul de ce coût s'effectue directement à l'aide des données de base portant sur les revenus et les tonnages transportés entre chaque paire.

Par ailleurs, notre procédure d'estimation des flux par camion associe un trafic routier à plusieurs paires de faible importance pour lesquelles le C.I.G.G.T. ne comptabilise aucun flux routier. Dans chacun de ces cas, une régression des coûts de transport par camion en fonction de la distance et du volume total transporté par camion a été utilisée afin d'estimer les coûts de transport manquants.

Cette façon de procéder implique, d'une part, que le coût de transport par camion public est influencé tant par les mouvements utilisant le camionnage public que privé et, d'autre part, que les coûts de transport associés à ces deux modes sont identiques. Étant donné l'absence de données plus complètes sur les flux et les coûts de transport par camion privé, ces hypothèses s'avèrent toutefois nécessaires.

Pour chacun des biens, nous utilisons une spécification de la forme suivante :

$$\ell n\ C_{ij}^{km}(m=\text{camion}) = \beta_0 + \beta_1 \ell n\ D_{ij} + \beta_2 \ell n\ x_{ij}^{km}(m=\text{camion}) + u_{ij}^{km} \qquad (6\text{-}6)$$

où :

C_{ij}^{km} représente le coût de transport moyen d'une tonne du bien k par le mode m entre les zones i et j. (Données du C.I.G.G.T.)

x_{ij}^{km} représente le flux du bien k entre les zones i et j par le mode m.

D_{ij} est la distance (km) par route entre le centroïde de la zone i et celui de la zone j.

La forme fonctionnelle retenue est de type log-linéaire, de manière à tenir compte de la relation négative décroissante entre le coût de transport par tonne et l'importance du flux, et de la relation positive décroissante entre le coût par tonne et la distance.

Selon Statistique Canada, les données concernant les flux de forts volumes seraient plus fiables que celles ayant trait à des mouvements de faibles importances. Nous avons donc supposé une hétéroscédasticité de la forme suivante :

$$(\sigma_{ij}^{km})^2 = E[(u_{ij}^{km})^2] = \sigma^2 (x_{ij}^{km})^{\alpha} \qquad (6\text{-}7)$$

La valeur de α est obtenue en remplaçant $(\sigma_{ij}^{km})^2$ par son estimateur $(e_{ij}^{km})^2$ obtenu à partir de (6-6), et en estimant par les moindres carrés l'équation :

$$\log(e_{ij}^{km})^2 = \log \sigma^2 + \alpha \log X_{ij}^{km} + v_{ij}^{km} \qquad (6\text{-}8)$$

Dans plus de 30% des cas l'hypothèse Ho : $\alpha=0$ fut rejetée, impliquant l'hétéroscédasticité du modèle. Pour chacun de ces biens, le modèle a été transformé de manière à le rendre homoscédastique en divisant (6-6) par $(X_{ij}^{km})^{\alpha/2}$, l'expression (6-6) devient ainsi :

$$\frac{\ell n\, C_{ij}^{km}}{(X_{ij}^{km})^{\alpha/2}} = \frac{\beta_o}{(X_{ij}^{km})^{\alpha/2}} + \beta_1 \frac{\ell n\, D_{ij}}{(X_{ij}^{km})^{\alpha/2}} + \beta_2 \frac{\ell n\, X_{ij}^{km}}{(X_{ij}^{km})^{\alpha/2}} + w_{ij}^{km} \qquad (6\text{-}9)$$

Le tableau 6-2 présente pour chaque bien les résultats des estimations. On retrouve tout d'abord les coefficients associés à la constante et aux variables distance et volume de l'expédition. Viennent ensuite les valeurs des R^2 ainsi que le nombre d'observations utilisées dans chacun des cas. Les statistiques-t apparaissent entre parenthèses.

Les coefficients associés au volume se sont avérés non significativement différents de zéro dans près de 40% des cas (test de Student à 5%). L'influence de la distance s'est par contre montrée significative dans plus de 95% des cas analysés. La valeur moyenne de ce dernier coefficient s'élève à 0,4, ce qui se rapproche du résultat moyen de 0,43 obtenu par Samuelson et Lerman (1977) pour différents intervalles de distance. Au niveau de l'élasticité par rapport au volume, ils obtiennent des résultats variant de

TABLEAU 6-2

RÉSULTATS DES ESTIMATIONS DES FONCTIONS
DE COÛT DE TRANSPORT PAR CAMION

No	Nom du bien	CST	Distance	Volume	R^2	Nombre d'observations
1	Animaux vivants	1,110 (2,590)*	0,431 (9,380)	-0,050 (-1,870)	0,34	274
2	Produits de la viande	4,423 (16,400)	0,133 (4,380)	-0,107 (-5,970)	0,20	300
3	Poissons et produits	2,659 (6,380)	0,287 (5,440)	-0,066 (-2,380)	0,25	140
4	Produits laitiers, oeuf, miel	2,257 (4,140)	0,436 (6,440)	-0,149 (-4,870)	0,21	197
5	Blé	-0,859 (-1,800)	0,594 (8,320)	0,008 (0,260)	0,46	83
6	Autres céréales	0,399 (0,539)	0,436 (5,370)	-0,390 (-0,690)	0,59	76
7	Farine de blé	2,125 (2,900)	0,435 (4,360)	-0,115 (-2,780)	0,28	107
8	Produits céréaliers, autres	1,900 (3,540)	0,508 (6,880)	-0,121 (-3,780)	0,35	144
9	Fruits, légumes, autres aliments	2,148 (9,000)	0,439 (15,880)	-0,124 (-7,960)	0,42	495
10	Sucre, mélasse, sirop	2,471 (2,630)	0,294 (2,360)	-0,107 (-2,220)	0,28	53
11	Aliments pour animaux	0,205 (6,400)	0,472 (7,140)	-0,001 (-0,040)	0,29	168
14	Graines oléagineuses	1,026 (2,130)	0,242 (4,090)	0,034 (1,140)	0,32	37
15	Animaux et végétaux bruts	1,307 (2,270)	0,538 (6,590)	-0,142 (-3,990)	0,33	169
16	Bois et copeaux à pâte	2,307 (2,130)	0,088 (0,550)	-0,062 -1,370)	0,17	14
17	Billots, poteaux et autres	0,457 (0,720)	0,371 (3,720)	-0,006 (-0,220)	0,15	84
19	Autres minerais métalliques	2,910 (2,400)	0,403 (2,880)	-0,291 (-3,300)	0,54	23
26	Autres produits des mines	3,386 (6,590)	0,324 (5,230)	-0,300 (-11,380)	0,58	223
29	Rebuts et ferrailles	5,097 (8,170)	0,152 (1,930)	-0,373 (-10,410)	0,69	74

TABLEAU 6-2 (suite)

RÉSULTATS DES ESTIMATIONS DES FONCTIONS
DE COÛT DE TRANSPORT PAR CAMION

No	Nom du bien	CST	Distance	Volume	R^2	Nombre d'observations
30	Huiles et graisses (animales et végétales)	3,410 (1,960)	0,227 (0,900)	-0,153 (-1,950)	0,27	22
31	Autres dérivés des animaux et végétaux	2,933 (10,860)	0,390 (11,120)	-0,082 (-4,270)	0,27	296
32	Sciage et bois d'oeuvre	1,502 (4,710)	0,367 (8,940)	-0,088 (-5,110)	0,29	343
33**	Placages et contre-plaqués	2,530 (5,500)	0,343 (5,650)	-0,117 (-4,270)	0,16	278
34	Autres produits du bois	2,530 (5,500)	0,343 (5,650)	-0,117 (-4,270)	0,16	278
37	Autres papiers	1,815 (0,430)	0,494 (9,930)	-0,124 (-4,510)	0,44	164
38	Cartons, papiers de construction	1,915 (2,140)	0,373 (3,120)	-0,057 (-1,150)	0,18	68
39	Acide sulphurique	0,677 (1,450)	0,478 (6,630)	0,010 (0,380)	0,38	75
40	Produits chimiques industriels	1,210 (1,310)	0,433 (3,580)	-0,038 (-0,720)	0,43	24
41	Autres produits chimiques	1,953 (8,360)	0,475 (14,550)	-0,107 (-6,780)	0,40	387
42	Engrais chimiques	1,073 (2,360)	0,335 (4,980)	-0,011 (-0,440)	0,16	141
43	Essence	0,961 (1,540)	0,344 (4,070)	-0,051 (-1,940)	0,22	109
44	Mazout	-0,143 (-0,280)	0,514 (8,110)	-0,035 (-1,500)	0,27	144
46	Gaz liquéfiés	-2,960 (-2,670)	1,037 (5,840)	0,064 (0,880)	0,71	19
47	Autres produits du pétrole	1,301 (3,150)	0,525 (10,610)	-0,125 (-5,190)	0,36	202
48	Produits du fer et de l'acier	0,869 (2,630)	0,569 (14,270)	-0,101 (-6,000)	0,63	147
49	Produits de l'aluminium	0,939 (1,080)	0,556 (4,930)	-0,019 (-0,400)	0,34	66
51	Autres métaux non ferreux	-1,861 (-1,250)	1,013 (4,240)	-0,119 (-1,450)	0,62	14

TABLEAU 6-2 (suite)

RÉSULTATS DES ESTIMATIONS DES FONCTIONS
DE COÛT DE TRANSPORT PAR CAMION

No	Nom du bien	CST	Distance	Volume	R^2	Nombre d'observations
52	Produits métalliques	2,446 (11,960)	0,452 (18,030)	-0,123 (-9,160)	0,35	539
53**	Ciment	0,314 (1,040)	0,286 (5,880)	-0,111 (-3,930)	0,26	195
54	Produits minéraux non métalliques	0,314 (1,040)	0,286 (5,880)	-0,111 (-3,930)	0,26	195
55	Machines industrielles	0,756 (3,200)	0,298 (1,150)	-0,105 (-1,360)	0,16	29
56	Machines agricoles	1,981 (4,130)	0,242 (4,090)	0,034 (1,140)	0,32	37
58	Véhicules utilitaires	1,512 (1,960)	0,088 (0,550)	-0,062 -1,370)	0,17	14
59	Pièces pour automobiles	2,853 (10,880)	0,371 (3,720)	-0,006 (-0,220)	0,15	84
60	Autres matériels de transport	2,533 (5,770)	0,549 (1,860)	-0,136 (-3,020)	0,63	12
61	Autres équipements manufacturiers	3,038 (13,080)	0,403 (2,880)	-0,291 (-3,300)	0,54	23
62	Objets personnels et ménagers	3,215 (19,610)	0,441 (13,600)	-0,133 (-10,500)	0,75	114
63	Contenants (boîtes, bouteilles)	2,571 (7,700)	0,614 (3,100)	-0,088 (-2,100)	0,96	7
64	Produits manufacturés divers	4,034 (16,340)	0,254 (8,210)	-0,132 (-9,310)	0,34	513

* : les valeurs entre parenthèses représentent les statistiques-t.

** : pour les biens #33 et 53, le nombre d'observations disponibles ne permet pas l'estimation d'une fonction de coût. On peut cependant associer à ceux-ci les résultats obtenus pour un bien de même type, on a ainsi jumelé les biens #33 et 53 aux catégories #34 et 54 respectivement.

-0,823 à -0,032 selon que le chargement est inférieur ou supérieur à 30 000 livres. Nos résultats ne peuvent cependant pas être directement comparés dans ce cas-ci puisque Samuelson et Lerman utilisent comme information de base des données non agrégées.

Nous constatons toutefois que nos estimations, avec une valeur moyenne de -0,08, sont du même ordre de grandeur que le résultat de -0,032 obtenu par ces deux auteurs pour les chargements de plus de 30 000 livres.

6.2.3 Détermination des temps de transport par mode

En ce qui a trait au temps de transit, bien que la mesure la plus adéquate représente l'intervalle entre le moment où un transporteur reçoit une demande de service et le moment où la séquence de transport prend fin, aucune information de cette nature n'est disponible. Nous utilisons donc les estimations de Oum (1978) et Turner (1975). Les temps de transit qu'ils associent aux mouvements par chemin de fer sont tirés des tables de temps du CN et du CP, qui reproduisent l'intervalle entre le moment où un wagon chargé entre dans la cour de triage d'origine et celui où il quitte la cour de destination. Ces estimations se basent sur l'observation des mouvements de wagons durant le mois d'octobre 1970 pour le CN et le mois d'avril 1971 pour le CP.

Pour caractériser les paires où aucun mouvement n'a été enregistré durant la période d'observation, Oum, se fondant sur la totalité des observations recueillies, estime la fonction de temps de transit moyen suivante :

$$\ell n\,(t^{r}_{ij}) = -1{,}835 + 0{,}448\ \ell n(D_{ij}),\quad R^2=0{,}5019,\quad N = 1524 \qquad (6\text{-}10)$$

où :

t^{r}_{ij} représente le temps de transit moyen par chemin de fer de la zone i à la zone j, mesuré en jours.

D_{ij} représente la distance de la zone i à la zone j mesurée en milles.

Nous utilisons cette relation pour chacun des biens, puisque aucune distinction n'est possible à ce niveau. En ce qui concerne le camionnage, Oum, se basant sur une enquête réalisée par Turner (1975) auprès de deux importants transporteurs routiers, dérive la fonction de temps de transit moyen suivante, que nous utilisons également pour chaque bien :

$$\ell n\ (t^{c}_{ij}) = -4{,}056 + 0{,}7858\ \ell n(D_{ij}),\ R^2=0{,}9418,\ N = 1274 \qquad (6\text{-}11)$$

Cette dernière expression coïncide très bien avec l'estimation proposée par Bernstein et Dajani (1979) pour le temps de transport moyen par camion aux État-Unis, soit :

$$t^{c}_{ij} = [25 + (D_{ij}/16)]/24 \qquad (6\text{-}12)$$

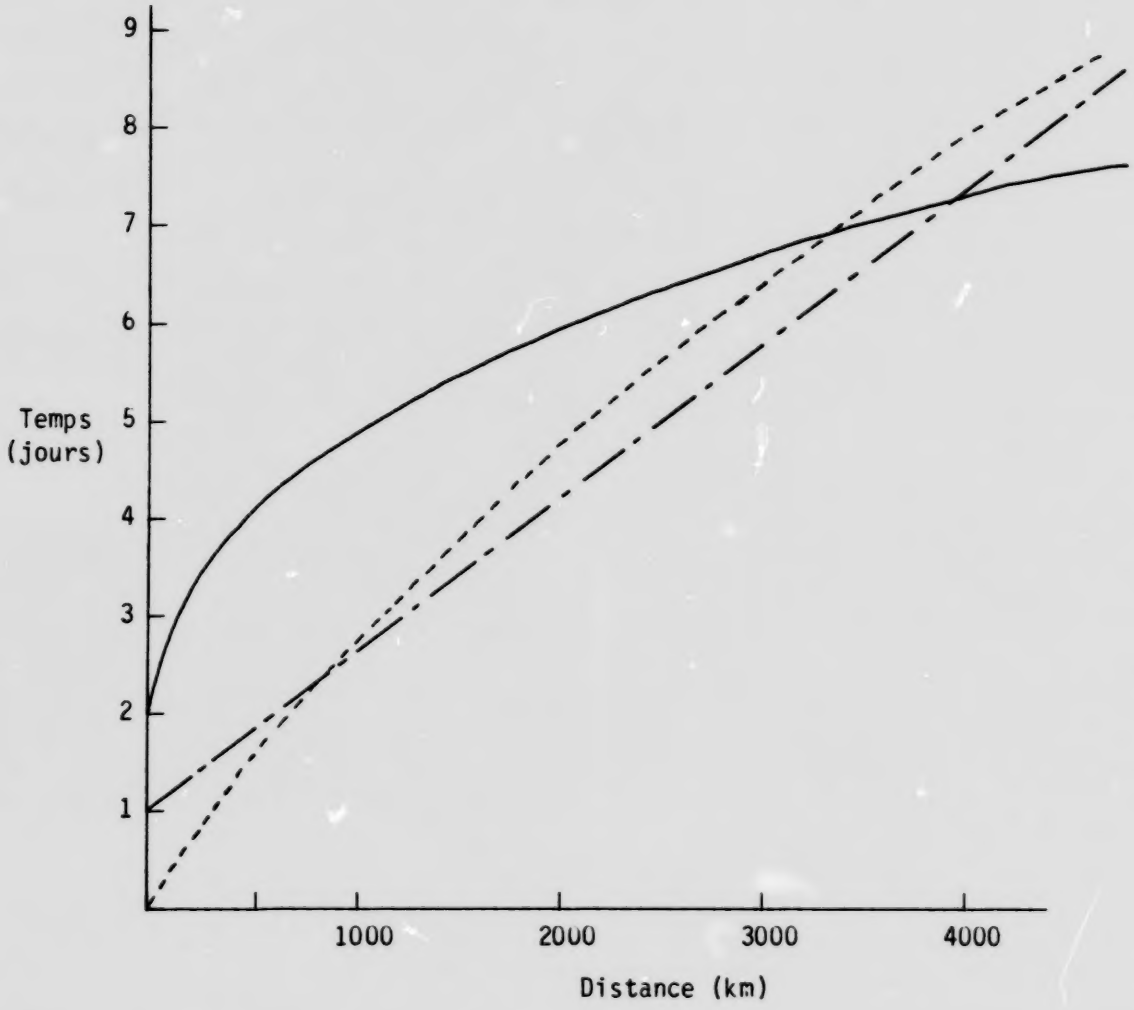
Les estimations des temps moyens de transit pour le camion et le train ne tiennent compte ni de la période s'écoulant entre la demande de transport et le ramassage, ni de la période de ramassage elle-même, ni de celle de livraison du terminal de destination au client. Les données sur le sujet n'étant que partielles, nous avons adopté l'hypothèse de Oum qui, sur la base d'interviews auprès de gens du milieu, hausse le temps de transit du train d'une période de deux jours afin de mieux saisir la réalité.

Le graphique 6-1 permet de comparer les temps de transport par train et camion, tels qu'estimés par Oum et Bernstein et Dajani. Mis à part les faibles distances, les deux fonctions de temps de transport par camion sont cohérentes. On remarque également que le camion ne perd son avantage comparatif au niveau du temps que pour les distances supérieures à 3 250 kilomètres.

En ce qui a trait au camionnage privé, comme nous ne disposions d'aucune information pertinente sur les temps de trajet, nous avons dû supposer que ceux-ci étaient identiques aux temps par camion public.

GRAPHIQUE 6-1

Temps de transport en fonction de la distance
pour le chemin de fer et le camion



———— chemin de fer, équation (6-10), Oum.
--------- camion, équation (6-11), Oum.
—— - —— camion, équation (6-12), Bernstein et Dajani.

6.3 Résultats

6.3.1 Estimations des modèles

Nous avons dans un premier temps estimé[1] chacun des six modèles décrits à la section 6.1 pour cinq des 48 catégories de biens retenus. Ces premiers résultats ont permis de dégager certaines conclusions quant à l'efficacité des différents modèles et permis d'orienter le travail d'estimation pour l'ensemble des biens.

Nous reproduisons au tableau 6-3 quelques résultats relatifs à ce travail préliminaire. En premier lieu, nous constatons, par le biais du test du quotient de vraisemblance[2], qu'aucun des six modèles ne s'impose comme forme dominante pour l'ensemble des biens étudiés. Toutefois, les modèles I et II présentent, et de loin, les meilleures performances.

Dans ces conditions, deux avenues s'offrent à nous. La première consiste à utiliser, sur la base du test du quotient de vraisemblance, le meilleur modèle pour chacune des catégories de biens, alors que la seconde

---

[1] Les modèles sont estimés à l'aide du programme GDOGIT, développé par M. T.C. Liem du département de Sciences économiques de l'Université de Montréal.

[2] Toutes les comparaisons entre les différents modèles sont effectuées sur la base du test du quotient de vraisemblance :

$$[L(\Omega)-L(W)] \quad \frac{1}{2}\chi^2_{\alpha}(D.L.)$$

où Ω : est un espace de paramètres non contraints,
W : est l'espace des paramètres contraints,
$\chi^2_{\alpha}(D.L.)$: est une distribution de chi-carrée de niveau α comportant (D.L.) degrés de liberté et (D.L.) représente la différence entre le nombre de paramètres à estimer sous les espaces Ω et W. Le tableau suivant indique les valeurs $\chi^2/2$ pour divers niveaux de confiance et différentes valeurs de (D.L.) :

(D.L.)	1	2	3
niveau (α)			
0,250	0,66	1,39	2,05
0,100	1,36	2,30	3,12
0,050	1,92	3,00	3,91
0,025	2,51	3,69	4,68
0,010	3,32	4,61	5,67
0,005	3,94	5,30	6,42

TABLEAU 6-3

VALEUR DU LOGARITHME DE LA FONCTION DE VRAISEMBLANCE ASSOCIÉE
AUX SIX MODÈLES POUR CERTAINS GROUPES DE MARCHANDISES

No du bien	MODÈLE I(0)**	MODÈLE II(1)	MODÈLE III(1)	MODÈLE IV(2)	MODÈLE V (3)	MODÈLE VI(3)
2	-188,04	-188,61	-188,58	-189,97	-190,04*	-197,87
6	-296,75*	-299,11	-305,34	-305,34	-306,75	-306,30
32	-615.48	-616,45*	-620,51	-621,25	-640,90	-623,20
53	-152,88	-153,18*	-163,39	-163,83	-164,63	-172,70
62	-508,30	-510,27	-508,67*	-510,28	-515,36	-512,17
64	-444,91*	-448,30	-450,96	-452,01	-458,40	-460,99

* Indique le modèle qui, sur la base du test du quotient de vraisemblance (niveau 10%), est statistiquement préférable.

** Le chiffre entre parenthèses indique le nombre de degrés de liberté lors d'une comparaison avec le modèle I.

opte plutôt pour le choix d'un modèle unique pour le traitement de l'ensemble des biens. Cette dernière méthode a été retenue puisqu'elle permet de comparer les résultats obtenus des différentes catégories de marchandises d'une façon plus systématique : ainsi les écarts entre les résultats relatifs à deux catégories de marchandises ne dépendent que des données utilisées, et non pas du modèle employé. Parmi les six spécifications, nous avons donc conservé celle offrant la plus grande souplesse, soit la formulation # I. Rappelons que les fonctions d'utilités représentatives correspondant à ce modèle sont les suivantes :

$$U_r = \beta_o + \beta_1 p_r^{(\lambda_1)} + \beta_2 t_r^{(\lambda_2)}$$

$$U_c = \beta_3 p_c^{(\lambda_1)} + \beta_2 t_c^{(\lambda_2)}$$

modèle I

La valeur du logarithme de la fonction de vraisemblance ainsi que les valeurs des paramètres λ associés au modèle I sont reproduits au tableau 6-4 pour chacun des biens. Pour fins de comparaison, nous indiquons également la valeur du logarithme de la fonction de vraisemblance associée au modèle logit linéaire simple, modèle V, fréquemment utilisé. Ce tableau fait clairement ressortir la nette supériorité du modèle logit avec transformation de Box-Cox que nous avons retenu sur le modèle logit linéaire.

En effet, nous remarquons que le modèle non contraint est significativement supérieur dans 76% des cas (test de niveau 5%), ce qui fait clairement ressortir l'importance de ne pas utiliser une forme fonctionnelle prédéterminée mais plutôt de laisser les données fixer la valeur des termes λ.

Nous constatons également que parmi les coefficients λ reproduits au tableau 6-4, seulement 12% ont une valeur supérieure à l'unité et qu'aucun ne peut être considéré comme étant significativement supérieur à l'unité. Puisque la dérivée seconde de la transformation de Box-Cox est égale à

TABLEAU 6-4

RÉSULTATS DES ESTIMATIONS DU MODÈLE I ET DU MODÈLE LOGIT LINÉAIRE

No	Nom du bien	Modèle I				Logit linéaire		Nombre d'observations
		L*	R^2	λ_1	λ_2	L	R^2	
1	Animaux vivants	-202.96	.23	-1.495 (3.39)**	2.296 (1.90)	-204.72	.20	86
2	Produits de la viande	-188.04	.41	1.176 (0.57)	0.323 (0.88)	-190.04	.38	75
3	Poissons et produits	- 40.10	.52	-0.104 (0.65)	1.242 (2.71)	- 40.99	.48	21
4	Produits laitiers, oeuf, miel	- 91.82	.58	-0.042 (0.58)	0.101 (0.75)	- 98.81	.40	39
5	Blé	-419.34	.06	0.641 (0.45)	-1.625 (2.23)	-422.06	.03	164
6	Autres céréales	-296.75	.15	-0.483 (0.39)	0.531 (0.30)	-306.75	.01	127
7	Farine de blé	- 79.86	.59	0.499 (0.40)	-0.283 (0.64)	- 84.98	.45	36
8	Produits céréaliers, autres	-307.82	.45	0.634 (0.17)	0.718 (0.45)	-312.66	.41	134
9	Fruits, légumes, autres aliments	-722.61	.39	-0.176 (0.16)	-0.016 (0.43)	-747.07	.28	305
10	Sucre, mélasse, sirop	-114.13	.49	-0.042 (0.34)	-0.640 (2.31)	-120.70	.32	47
11	Aliments pour animaux	-601.75	.29	0.790 (1.46)	-0.004 (0.18)	-615.13	.20	233
14	Graines oléagineuses	-108.88	.27	-0.064 (0.72)	-1.264 (1.58)	-111.77	.16	43
15	Animaux et végétaux bruts	-107.77	.49	0.484 (0.26)	-0.062 (0.54)	-112.86	.38	52
16	Bois et copeaux à pâte	- 87.26	.30	2.426 (1.47)	-0.448 (2.49)	- 91.76	.11	37
17	Billots, poteaux et autres	-247.96	.20	-1.688 (0.84)	1.887 (0.92)	-256.70	.04	93
19	Autres minerais métalliques	- 28.81	.47	2.830 (2.76)	-0.780 (1.85)	- 32.81	.10	15

TABLEAU 6-4 (suite)

RÉSULTATS DES ESTIMATIONS DU MODÈLE I ET DU MODÈLE LOGIT LINÉAIRE

No	Nom du bien	Modèle I				Logit linéaire		Nombre d'observations
		L	R^2	λ_1	λ_2	L	R^2	
26	Autres produits des mines	-122.91	.44	0.073 (0.17)	0.276 (0.57)	-132.69	.19	52
29	Rebuts et ferrailles	- 48.05	.75	0.137 (0.19)	-0.036 (1.15)	- 55.78	.57	27
30	Huiles et graisses (animales et végétales)	- 81.42	.62	1.218 (0.44)	-0.791 (1.50)	- 83.81	.57	40
31	Autres dérivés des animaux et végétaux	-160.38	.29	1.316 (0.64)	2.184 (1.43)	-165.62	.16	66
32	Sciage et bois d'oeuvre	-615.48	.27	-0.320 (0.24)	0.311 (0.60)	-640.90	.10	249
33	Placages et contre-plaqués	- 41.84	.79	0.199 (0.24)	-0.109 (0.17)	- 48.76	.65	27
34	Autres produits du bois	-217.20	.45	-0.250 (0.22)	0.890 (1.94)	-228.49	.30	96
37	Autres papiers	-297.35	.37	0.066 (0.18)	0.371 (0.43)	-309.50	.23	119
38	Cartons, papiers de construction	-194.78	.20	-0.152 (0.36)	0.806 (1.27)	-200.49	.07	75
39	Acide sulphurique	- 37.87	.35	-2.098 (2.43)	-0.708 (1.45)	- 40.53	.07	15
40	Produits chimiques industriels	-122.30	.34	0.732 (0.79)	-0.407 (0.49)	-128.70	.15	52
41	Autres produits chimiques	-696.20	.25	0.344 (0.18)	0.442 (0.25)	-704.74	.21	286
42	Engrais chimiques	-418.12	.04	1.140 (1.01)	-0.159 (1.30)	-420.30	.02	157
43	Essence	-228.69	.22	1.883 (1.58)	-0.553 (0.59)	-238.34	.01	83
44	Mazout	-371.06	.25	-0.228 (0.26)	-0.171 (0.42)	-386.24	.07	137
46	Gaz liquéfiés	- 64.32	.38	-0.692 (0.23)	-0.829 (0.35)	- 69.39	.08	26
47	Autres produits du pétrole	-447.94	.34	0.341 (0.15)	0.118 (0.29)	-463.88	.21	182

TABLEAU 6-4 (suite)

RÉSULTATS DES ESTIMATIONS DU MODÈLE I ET DU MODÈLE LOGIT LINÉAIRE

No	Nom du bien	Modèle I				Logit linéaire		Nombre d'observations
		L	R^2	λ_1	λ_2	L	R^2	
48	Produits du fer et de l'acier	-459.53	.22	-0.139 (0.24)	-0.193 (4.95)	-472.50	.10	185
49	Produits de l'aluminium	- 85.71	.47	-1.358 (1.86)	-0.254 (0.28)	- 92.62	.24	38
51	Autres métaux non ferreux	- 19.09	.79	0.337 (0.48)	0.469 (0.33)	- 20.95	.70	10
52	Produits métalliques	-527.70	.47	0.145 (0.12)	-0.452 (0.49)	-554.03	.34	240
53	Ciment	-152.88	.56	0.162 (0.13)	0.205 (0.13)	-164.63	.41	77
54	Produits minéraux non métalliques	-906.34	.29	-0.143 (0.15)	-0.368 (0.23)	-950.64	.10	362
55	Machines industrielles	-503.34	.20	0.430 (0.52)	-0.090 (0.35)	-511.84	.14	229
56	Machines agricoles	-212.37	.32	0.377 (1.03)	0.611 (0.40)	-214.87	.28	97
58	Véhicules utilitaires	- 88.94	.13	0.390 (0.69)	-0.292 (5.59)	- 90.74	.04	36
59	Pièces pour automobiles	-133.74	.15	-1.000 (1.88)	0.007 (0.67)	-137.61	.04	62
60	Autres matériels de transport	-278.98	.23	0.394 (0.23)	5.600 (5.07)	-282.56	.18	118
61	Autres équipements manufacturiers	-387.17	.21	-0.029 (0.26)	-1.300 (1.16)	-393.76	.15	179
62	Objets personnels et ménagers	-508.30	.23	0.473 (0.30)	-0.195 (0.39)	-515.36	.17	213
63	Contenants (boîtes, bouteilles)	-682.24	.46	0.026 (0.12)	-0.353 (0.63)	-732.85	.24	292
64	Produits manufacturés divers	-444.91	.47	-0.406 (0.23)	0.663 (0.26)	-458.40	.40	193

* valeur du logarithme de la fonction de vraisemblance.
** les valeurs entre parenthèses représentent les écarts-type.

$(\lambda-1)\cdot X^{(\lambda-2)}$, nous pouvons en conclure que l'effet des variables explicatives sur l'utilité représentative des modes est généralement décroissant.

En ce qui a trait au pouvoir explicatif du modèle retenu (modèle I), nous reproduisons au tableau 6-5 différentes informations permettant l'évaluation de cet aspect.

Les colonnes D et E indiquent respectivement les parts moyennes associées au chemin de fer, observées et estimées par le modèle. La correspondance est excellente. Ces différentes parts démontrent qu'en moyenne le chemin de fer et le camionnage se partagent à peu près également les marchés pour chaque paire origine/destination. Ces résultats ne tiennent cependant pas compte de l'importance relative des différentes paires en termes de flux de marchandises transportées.

Afin de pallier cette lacune, nous indiquons aux colonnes B et C du tableau 6-5 la proportion observée et estimée du flux global empruntant le chemin de fer. De façon générale ces parts sont inférieures aux valeurs moyennes inscrites aux colonnes D et E. Les paires origine/destination sur lesquelles circulent d'importants tonnages seraient donc dominées par le camionnage. Ce résultat correspond à nos attentes puisque les flux interrégionaux, tout comme l'avantage comparatif du camion, sont inversement reliés à la distance. La colonne A du tableau permet d'observer l'écart entre la part du chemin de fer au niveau de la population totale par rapport au sous-ensemble des paires origine/destination où l'on retrouve simultanément des mouvements par train et par camion.

Bien que la correspondance entre les colonnes B et C soit inférieure à celle observée pour les colonnes D et E, les résultats sont de façon générale très satisfaisants.

6.3.2 Calcul des élasticités

La section précédente nous a permis d'évaluer d'un point de vue global les capacités du modèle retenu (modèle I). Nous analysons maintenant de façon plus spécifique l'impact des différentes variables de choix sur

TABLEAU 6-5

COMPARAISONS DE CERTAINES VALEURS MOYENNES
OBSERVÉES ET ESTIMÉES À L'AIDE DU MODÈLE I

No	Nom du bien	PART (T_r)			Part moyenne du chemin de fer	
		A	B	C	D	E
		observé (total)	observé (échan.)	estimé (échan.)	observé (échan.)	estimé (échan.)
1	Animaux vivants	0,02	0,32	0,44	0,57	0,63
2	Produits de la viande	0,05	0,19	0,10	0,44	0,42
3	Poissons et produits	0,06	0,50	0,58	0,62	0,66
4	Produits laitiers, oeuf, miel	0,01	0,04	0,10	0,61	0,63
5	Blé	0,22	0,15	0,21	0,29	0,20
6	Autres céréales	0,27	0,23	0,32	0,38	0,35
7	Farine de blé	0,23	0,17	0,17	0,43	0,43
8	Produits céréaliers, autres	0,14	0,17	0,22	0,63	0,67
9	Fruits, légumes, autres aliments	0,25	0,28	0,32	0,59	0,64
10	Sucre, mélasse, sirop	0,25	0,40	0,39	0,61	0,65
11	Aliments pour animaux	0,10	0,12	0,19	0,57	0,62
14	Graines oléagineuses	0,04	0,06	0,20	0,30	0,25
15	Animaux et végétaux bruts	0,12	0,27	0,36	0,50	0,52
16	Bois et copeaux à pâte	0,29	0,34	0,17	0,42	0,34
17	Billots, poteaux et autres	0,06	0,15	0,31	0,48	0,51
19	Autres minerais métalliques	0,93	0,85	0,80	0,71	0,73
26	Autres produits des mines	0,22	0,31	0,16	0,29	0,22
29	Rebuts et ferrailles	0,19	0,05	0,05	0,21	0,19
30	Huiles et graisses (animales et végétales)	0,32	0,44	0,45	0,63	0,65
31	Autres dérivés des animaux et végétaux	0,03	0,05	0,10	0,41	0,37
32	Sciage et bois d'oeuvre	0,26	0,14	0,31	0,53	0,57
33	Placages et contre-plaqués	0,80	0,33	0,23	0,59	0,58

TABLEAU 6-5 (suite)

COMPARAISONS DE CERTAINES VALEURS MOYENNES
OBSERVÉES ET ESTIMÉES À L'AIDE DU MODÈLE I

No	Nom du bien	PART (T_r)			Part moyenne du chemin de fer	
		A	B	C	D	E
		observé (total)	observé (échan.)	estimé (échan.)	observé (échan.)	estimé (échan.)
34	Autres produits du bois	0,08	0,11	0,12	0,49	0,50
37	Autres papiers	0,14	0,30	0,36	0,52	0,55
38	Cartons, papiers de construction	0,34	0,16	0,19	0,51	0,57
39	Acide sulphurique	0,55	0,33	0,50	0,52	0,57
40	Produits chimiques industriels	0,58	0,12	0,19	0,46	0,47
41	Autres produits chimiques	0,23	0,23	0,27	0,49	0,49
42	Engrais chimiques	0,22	0,21	0,54	0,50	0,56
43	Essence	0,05	0,05	0,12	0,36	0,35
44	Mazout	0,06	0,04	0,10	0,37	0,32
46	Gaz liquéfiés	0,43	0,13	0,25		0,45
47	Autres produits du pétrole	0,16	0,16	0,20	0,49	0,51
48	Produits du fer et de l'acier	0,30	0,26	0,26	0,53	0,61
49	Produits de l'aluminium	0,19	0,19	0,22	0,52	0,57
51	Autres métaux non ferreux	0,18	0,12	0,10	0,38	0,38
52	Produits métalliques	0,04	0,07	0,12	0,43	0,42
53	Ciment	0,17	0,24	0,16	0,36	0,31
54	Produits minéraux non métalliques	0,10	0,08	0,18	0,42	0,40
55	Machines industrielles	0,29	0,19	0,30	0,50	0,51
56	Machines agricoles	0,23	0,24	0,30	0,38	0,35
58	Véhicules utilitaires	0,68	0,07	0,20	0,42	0,33
59	Pièces pour automobiles	0,34	0,16	0,11	0,30	0,21
60	Autres matériels de transport	0,32	0,20	0,20	0,38	0,32
61	Autres équipements manufacturiers	0,40	0,23	0,22	0,44	0,43

TABLEAU 6-5 (suite)

COMPARAISONS DE CERTAINES VALEURS MOYENNES
OBSERVÉES ET ESTIMÉES À L'AIDE DU MODÈLE I

No	Nom du bien	PART (T_r)			Part moyenne du chemin de fer	
		A	B	C	D	E
		observé (total)	observé (échan.)	estimé (échan.)	observé (échan.)	estimé (échan.)
62	Objets personnels et ménagers	0,12	0,15	0,10	0,32	0,22
63	Contenants (boîtes, bouteilles)	0,06	0,06	0,11	0,51	0,53
64	Produits manufacturés divers	0,07	0,08	0,06	0,37	0,33

- La colonne A représente la part du tonnage terrestre transportée par chemin de fer pour l'ensemble des paires origine/destination.
- La colonne B représente la part du tonnage terrestre transportée par chemin de fer pour le sous-ensemble retenu, soit les paires origine/-destination où l'on retrouve simultanément des mouvements effectués par chemin de fer et camion. Rappelons que les modèles ont été estimés à l'aide de ces observations et que la colonne A n'est inscrite qu'à titre indicatif.
- La colonne C représente l'estimation de la part du tonnage terrestre transportée par chemin de fer obtenue par le modèle I.
- Pour chacune des paires origine/destination contenues dans l'échantillon, on observe qu'une part du trafic s'effectue par le chemin de fer. La colonne D indique la valeur moyenne de ces parts.
- La colonne E est une estimation de la colonne D à l'aide du modèle I.

les parts modales. À cet effet nous calculons dans un premier temps les élasticités propres et croisées, par rapport aux tarifs et aux temps de transport, pour chacun des modes, ainsi que l'impact en terme absolu sur les parts estimées d'une variation de chacune des quatre variables de choix retenues.

Nos données nous permettent d'entreprendre ces différents calculs pour chacune des paires origine/destination. Toutefois, afin de ne pas alourdir la présentation des résultats, les valeurs des élasticités que nous reproduisons sont des moyennes, pondérées par l'importance des modes et par le volume relatif du flux sur chaque paire origine/destination. Pour un bien et un mode donnés, l'estimation ainsi obtenue indique la variation relative de la part[1] du volume total pour ce mode à la suite d'une variation relative unitaire de l'attribut modal considéré.

Suivant cette définition, l'élasticité propre du chemin de fer par rapport au tarif s'exprimerait de la façon suivante :

$$E_{r,p_r} = \frac{\sum_{\ell=1}^{L} E^{\ell}_{r,p_r} \cdot \frac{e^{U^{\ell}_r}}{e^{U^{\ell}_r} + e^{U^{\ell}_c}} \cdot F^{\ell}}{\sum_{\ell=1}^{L} \frac{e^{U^{\ell}_r}}{e^{U^{\ell}_r} + e^{U^{\ell}_c}} \cdot F^{\ell}} \qquad (6\text{-}13)$$

où :

$$E^{\ell}_{r,p_r} = (p_r)^{\lambda} \cdot \beta_{p_r} \cdot \frac{e^{U^{\ell}_r}}{e^{U^{\ell}_r} + e^{U^{\ell}_c}} \qquad (6\text{-}14)$$

représente l'élasticité propre du chemin de fer par rapport au tarif, évaluée sur la paire origine/-destination ℓ.

---

[1] Pour le chemin de fer, cette part correspond à la colonne C du tableau 6-5.

p_r : représente le tarif par chemin de fer.

β_{p_r} : représente le coefficient associé au tarif par chemin de fer.

$\frac{e^{U_r^\ell}}{e^{U_r^\ell} + e^{U_c^\ell}}$: représente la part estimée du chemin de fer sur la paire ℓ, et peut être notée P_r^ℓ.

U_i^ℓ : représente l'utilité représentative du mode i sur la paire ℓ.

F^ℓ : représente le flux total sur la paire ℓ.

L : représente le nombre de paires origine/destination (le nombre d'observations) pour le bien analysé.

Pour chacun des biens, nous avons également calculé les variations absolues de la part modale du chemin de fer, Δ_r, induite par une variation relative unitaire des diverses variables de choix. Algébriquement, Δ_r se calcule de la façon suivante dans le cas d'une variation du tarif par chemin de fer :

$$\Delta_r = \frac{\frac{\partial P_r}{\partial p_r}}{\frac{p_r}{P_r}} = E_{r,p_r} \cdot P_r = E_{r,p_r} \cdot \frac{\sum_{\ell=1}^{L} (P_r^\ell \cdot F^\ell)}{\sum_{\ell=1}^{L} (F^\ell)} \qquad (6\text{-}15)$$

Pour chacun des biens et chacun des modes, nous reproduisons au tableau 6-6 ces différentes mesures. Plus précisément, le tableau contient les informations suivantes :

1°) La variation absolue de la part du chemin de fer (Δ_r), à la suite d'une variation relative unitaire des quatre variables de choix suivantes :

- le tarif par chemin de fer;
- le temps de transport par chemin de fer;
- le tarif par camion;
- le temps de transport par camion.

2⁰) L'élasticité de la part du chemin de fer (E_r), par rapport aux quatre variables de choix retenues.

3⁰) L'élasticité de la part du camionnage (E_c), par rapport aux quatre variables de choix retenues.

4⁰) Les statistiques-t[1] correspondant à chacune de ces quatre variables sous l'hypothèse de nullité des coefficients qui leurs sont associées.

Le tableau suivant permet de synthétiser cette dernière information. Pour chacune des quatre variables de choix, nous indiquons le nombre de biens pour lesquels le coefficient estimé s'est révélé de signe attendu ou non, tout en précisant si l'estimation peut être considérée comme significativement différente de zéro (test de niveau 10%)[2].

	TARIF TRAIN	TEMPS TRAIN	TARIF CAMION	TEMPS CAMION
Estimations de signe attendu et coefficients significatifs	24 (50%)	30 (63%)	37 (77%)	30 (63%)
Estimations de signe attendu et coefficients non significatifs	15 (31%)	7 (15%)	3 (6%)	7 (15%)
Estimations de signe non attendu et coefficients significatifs	1 (2%)	8 (17%)	4 (8%)	8 (17%)
Estimations de signe non attendu et coefficients non significatifs	8 (17%)	3 (6%)	4 (8%)	3 (6%)
TOTAL	48 (100%)	48 (100%)	48 (100%)	48 (100%)

---

[1] Le test de Student n'étant pas invariant aux unités de mesure, les valeurs indiquées au tableau 6-6 sont conditionnelles aux λ préalablement estimés.

[2] Nous reproduisons ici à titre indicatif les signes attendus des différentes estimations :

	TARIF TRAIN	TEMPS TRAIN	TARIF CAMION	TEMPS CAMION
Δ_r	-	-	+	+
E_r	-	-	+	+
E_c^r	+	+	-	-

TABLEAU 6-6

VALEURS DES ÉLASTICITÉS ET VARIATIONS ABSOLUES DES PARTS MODALES

No	Nom du bien		TARIF TRAIN	TEMPS TRAIN	TARIF CAMION	TEMPS CAMION
1	Animaux vivants	Δ_r	0,090	- 1,575	0,072	1,372
		E_r	0,205	- 3,576	0,164	3,115
		E_c	- 0,162	2,816	- 0,129	- 2,453
		t	0,957	- 3,358	1,574	3,358
2	Produits de la viande	Δ_r	- 0,114	- 0,113	0,226	0,107
		E_r	- 1,145	- 1,131	2,264	1,078
		E_c	0,127	0,125	- 0,251	- 0,119
		t	- 1,495	- 1,178	5,404	1,178
3	Poissons et produits	Δ_r	- 0,150	- 0,205	0,303	- 0,181
		E_r	- 0,260	- 0,355	0,524	0,314
		E_c	0,356	0,486	- 0,717	- 0,430
		t	- 1,511	- 0,826	3,269	0,826
4	Produits laitiers, oeuf, miel	Δ_r	- 0,029	- 0,121	0,093	0,113
		E_r	- 0,277	- 1,168	0,894	1,090
		E_c	0,032	0,135	- 0,103	- 0,126
		t	- 0,982	- 1,782	- 2,263	- 1,782
5	Blé	Δ_r	- 0,043	- 0,007	- 0,171	0,054
		E_r	0,206	- 0,031	- 0,811	0,257
		E_c	0,055	0,008	0,216	- 0,069
		t	- 1,078	- 1,652	- 2,817	1,652
6	Autres céréales	Δ_r	0,058	0,607	0,381	- 0,470
		E_r	0,181	1,891	1,186	- 1,466
		E_c	- 0,086	- 0,894	- 0,561	0,693
		t	0,811	3,764	4,515	- 3,764
7	Farine de blé	Δ_r	- 0,102	- 0,119	0,108	0,167
		E_r	- 0,599	- 0,696	0,633	0,978
		E_c	0,123	0,143	- 0,130	- 0,201
		t	- 2,656	- 2,605	2,668	2,605
8	Produits céréaliers, autres	Δ_r	- 0,044	0,233	0,246	- 0,147
		E_r	- 0,202	1,064	1,124	- 0,673
		E_c	0,057	- 0,299	- 0,316	0,189
		t	- 1,241	2,075	8,371	- 2,075
9	Fruits, légumes, autres aliments	Δ_r	- 0,105	- 0,133	0,259	- 0,134
		E_r	- 0,329	- 0,416	0,815	0,420
		E_c	0,154	0,194	- 0,381	- 0,196
		t	- 2,627	- 2,583	8,822	2,583
10	Sucre, mélasse, sirop	Δ_r	- 0,197	- 0,031	0,401	0,099
		E_r	- 0,511	- 0,080	1,037	0,256
		E_c	0,321	0,050	- 0,653	- 0,161
		t	- 2,828	- 0,797	5,124	0,797

TABLEAU 6-6 (suite)

VALEURS DES ÉLASTICITÉS ET VARIATIONS ABSOLUES DES PARTS MODALES

No	Nom du bien		TARIF TRAIN	TEMPS TRAIN	TARIF CAMION	TEMPS CAMION
11	Aliments pour animaux	Δ_r	- 0,001	- 0,332	- 0,025	0,334
		E_r	- 0,006	- 1,725	- 0,128	1,734
		E_c	0,001	0,411	0,031	- 0,413
		t	- 0,063	- 8,472	- 1,316	- 8,472
14	Graines oléagineuses	Δ_r	- 0,175	- 0,058	- 0,520	0,348
		E_r	- 0,864	- 0,287	- 2,561	1,714
		E_c	0,220	0,073	0,652	- 0,436
		t	- 1,613	- 2,270	- 1,842	2,270
15	Animaux et végétaux bruts	Δ_r	- 0,188	- 0,234	0,212	0,249
		E_r	- 0,520	- 0,647	0,585	0,687
		E_c	0,295	0,367	- 0,331	- 0,390
		t	- 4,227	- 2,489	3,902	2,489
16	Bois et copeaux à pâte	Δ_r	- 0,050	0,064	0,384	- 0,122
		E_r	- 0,292	0,374	2,226	- 0,706
		E_c	0,062	- 0,078	- 0,463	0,147
		t	- 2,211	1,206	3,364	- 1,206
17	Billots, poteaux et autres	Δ_r	0,099	0,482	0,378	- 0,082
		E_r	0,318	1,548	1,215	- 0,264
		E_c	- 0,144	- 0,699	- 0,549	0,119
		t	1,575	3,548	3,100	- 3,548
19	Autres minerais métalliques	Δ_r	- 0,088	0,070	0,201	- 0,203
		E_r	- 0,110	0,087	0,249	- 0,252
		E_c	0,453	- 0,360	- 1,028	1,040
		t	- 0,729	1,966	2,807	- 1,966
26	Autres produits des mines	Δ_r	- 0,212	- 0,312	0,110	0,193
		E_r	- 1,331	- 1,961	0,689	1,212
		E_c	0,252	0,372	- 0,131	- 0,230
		t	- 4,763	- 2,386	3,912	2,386
29	Rebuts et ferrailles	Δ_r	- 0,070	- 0,034	0,063	0,035
		E_r	- 1,535	- 0,731	1,371	0,771
		E_c	0,074	0,035	- 0,066	- 0,037
		t	- 4,272	- 1,937	6,964	1,937
30	Huiles et graisses (animales et végétales)	Δ_r	- 0,084	- 0,036	0,229	0,105
		E_r	- 0,187	- 0,080	0,510	0,234
		E_c	0,153	0,065	- 0,417	- 0,192
		t	- 2,277	- 1,510	5,499	1,510
31	Autres dérivés des animaux et végétaux	Δ_r	- 0,007	0,330	0,230	- 0,268
		E_r	- 0,070	3,180	2,260	- 2,579
		E_c	0,008	- 0,368	- 0,257	- 0,299
		t	- 0,293	2,786	4,625	- 2,786

TABLEAU 6-6 (suite)

VALEURS DES ÉLASTICITÉS ET VARIATIONS ABSOLUES DES PARTS MODALES

No	Nom du bien		TARIF TRAIN	TEMPS TRAIN	TARIF CAMION	TEMPS CAMION
32	Sciage et bois d'oeuvre	Δ_r	- 0,050	- 0,169	0,349	0,129
		E_r	- 0,162	- 0,547	1,130	0,417
		E_c	0,073	0,245	- 0,506	- 0,187
		t	- 1,194	- 1,460	5,928	1,460
33	Placages et contre-plaqués	Δ_r	- 0,085	0,277	0,737	- 0,293
		E_r	- 0,373	1,213	3,223	- 1,282
		E_c	0,111	- 0,359	- 0,955	0,380
		t	- 1,868	4,961	8,770	- 4,961
34	Autres produits du bois	Δ_r	0,005	- 0,050	0,147	0,031
		E_r	0,042	- 0,408	1,206	0,250
		E_c	- 0,006	0,057	- 0,168	- 0,035
		t	0,438	- 0,812	6,501	0,812
37	Autres papiers	Δ_r	- 0,412	- 0,343	0,348	0,278
		E_r	- 1,138	- 0,947	0,963	0,768
		E_c	0,645	0,537	- 0,546	- 0,436
		t	- 5,141	- 1,725	5,639	1,725
38	Cartons, papiers de construction	Δ_r	0,035	- 0,177	0,249	- 0,089
		E_r	0,179	0,915	1,287	- 0,459
		E_c	- 0,043	- 0,220	- 0,309	0,110
		t	0,494	0,954	3,489	- 0,954
39	Acide sulphurique	Δ_r	- 0,498	- 0,152	- 0,243	0,465
		E_r	- 1,002	- 0,305	- 0,490	0,936
		E_c	0,990	0,302	0,484	- 0,925
		t	- 1,539	- 1,947	- 0,491	1,947
40	Produits chimiques industriels	Δ_r	- 0,023	- 0,084	0,072	0,146
		E_r	- 0,120	- 0,433	0,367	0,747
		E_c	0,029	0,105	- 0,089	- 0,181
		t	- 0,999	- 2,763	2,562	2,863
41	Autres produits chimiques	Δ_r	- 0,152	- 0,348	0,150	0,248
		E_r	- 0,568	- 1,304	0,563	0,929
		E_c	0,207	0,475	- 0,205	- 0,338
		t	- 5,210	- 3,652	4,846	3,652
42	Engrais chimiques	Δ_r	- 0,062	- 0,183	- 0,074	0,223
		E_r	- 0,115	- 0,339	- 0,136	0,412
		E_c	0,135	0,398	0,160	- 0,484
		t	- 1,518	- 1,751	- 1,923	1,751
43	Essence	Δ_r	- 0,014	- 0,107	- 0,007	0,218
		E_r	- 0,117	- 0,894	- 0,062	1,830
		E_c	0,016	0,121	0,008	- 0,247
		t	- 2,659	- 4,450	- 0,915	4,450

TABLEAU 6-6 (suite)

VALEURS DES ÉLASTICITÉS ET VARIATIONS ABSOLUES DES PARTS MODALES

No	Nom du bien		TARIF TRAIN	TEMPS TRAIN	TARIF CAMION	TEMPS CAMION
44	Mazout	Δ_r	- 0,107	- 0,104	0,120	0,129
		E_r	- 1,110	- 1,073	1,236	1,330
		E_c	0,119	0,115	- 0,132	- 0,142
		t	- 3,248	- 2,358	3,093	2,358
46	Gaz liquéfiés	Δ_r	- 0,101	- 0,229	- 0,380	0,653
		E_r	- 0,410	- 0,934	- 1,547	2,661
		E_c	0,133	0,304	0,503	- 0,866
		t	- 0,560	- 3,022	- 3,611	3,022
47	Autres produits du pétrole	Δ_r	- 0,140	- 0,236	0,135	0,208
		E_r	- 0,691	- 1,164	0,667	1,025
		E_c	0,176	0,296	- 0,169	- 0,261
		t	- 4,732	- 3,002	5,851	3,002
48	Produits du fer et de l'acier	Δ_r	- 0,126	- 0,013	0,287	0,017
		E_r	- 0,481	- 0,051	1,093	0,064
		E_c	0,172	0,018	- 0,390	- 0,023
		t	- 2,218	- 0,201	4,902	0,201
49	Produits de l'aluminium	Δ_r	0,029	- 0,249	- 0,068	0,313
		E_r	0,132	- 1,128	- 0,306	1,416
		E_c	- 0,037	0,320	0,087	- 0,401
		t	1,535	- 4,558	- 1,493	4,558
51	Autres métaux non ferreux	Δ_r	- 0,021	0,939	0,224	- 0,634
		E_r	- 0,207	9,026	2,154	- 6,096
		E_c	0,024	- 1,048	- 0,250	0,708
		t	- 0,296	3,843	3,997	- 3,843
52	Produits métalliques	Δ_r	- 0,113	- 0,043	0,204	0,050
		E_r	- 0,919	- 0,351	1,655	0,406
		E_c	0,129	0,049	- 0,232	- 0,057
		t	- 6,180	- 3,150	10,613	3,150
53	Ciment	Δ_r	- 0,291	1,358	1,092	- 1,112
		E_r	- 1,802	8,397	6,749	- 6,876
		E_c	0,348	- 1,620	- 1,302	1,327
		t	- 6,851	6,378	8,565	- 6,378
54	Produits minéraux non métalliques	Δ_r	- 0,131	- 0,114	0,106	0,147
		E_r	- 0,712	- 0,618	0,574	0,797
		E_c	0,160	0,139	- 0,129	- 0,180
		t	- 6,698	- 5,616	6,076	5,616
55	Machines industrielles	Δ_r	- 0,052	- 0,169	0,070	0,184
		E_r	0,174	- 0,566	0,236	0,617
		E_c	0,074	0,240	- 0,100	- 0,262
		t	- 1,430	- 3,605	2,756	3,605

TABLEAU 6-6 (suite)

VALEURS DES ÉLASTICITÉS ET VARIATIONS ABSOLUES DES PARTS MODALES

No	Nom du bien		TARIF TRAIN	TEMPS TRAIN	TARIF CAMION	TEMPS CAMION
56	Machines agricoles	Δ_r	0,055	- 0,390	0,066	0,320
		E_r	0,186	- 1,311	0,222	1,077
		E_c	- 0,078	0,554	- 0,094	- 0,456
		t	0,594	- 2,151	1,444	2,151
58	Véhicules utilitaires	Δ_r	0,005	0,041	0,259	- 0,052
		E_r	0,025	0,200	1,273	- 0,256
		E_c	- 0,006	- 0,051	- 0,325	0,065
		t	0,063	0,358	1,964	- 0,358
59	Pièces pour automobiles	Δ_r	- 0,065	- 0,090	0,041	0,089
		E_r	- 0,615	- 0,855	0,385	0,894
		E_c	0,072	0,101	- 0,045	- 0,100
		t	- 1,470	- 1,646	0,762	1,646
60	Autres matériels de transport	Δ_r	- 0,048	- 0,084	0,149	0,111
		E_r	- 0,244	- 0,424	0,758	0,563
		E_c	0,060	0,104	- 0,186	- 0,138
		t	- 3,240	- 2,102	4,386	2,102
61	Autres équipements manufacturiers	Δ_r	- 0,123	- 0,009	0,206	0,046
		E_r	- 0,557	- 0,039	0,938	0,211
		E_c	0,157	0,011	- 0,265	- 0,060
		t	- 3,144	- 2,224	5,751	2,224
62	Objets personnels et ménagers	Δ_r	- 0,091	- 0,082	0,114	0,089
		E_r	- 0,872	- 0,788	1,090	0,847
		E_c	0,102	0,092	- 0,127	- 0,099
		t	- 3,753	- 3,009	3,615	3,009
63	Contenants (boîtes, bouteilles)	Δ_r	- 0,050	- 0,023	0,116	0,031
		E_r	- 0,470	- 0,220	1,096	0,296
		E_c	0,055	0,026	- 0,130	- 0,035
		t	- 5,305	- 1,889	9,441	1,889
64	Produits manufacturés divers	Δ_r	0,010	- 0,106	0,046	0,077
		E_r	0,162	- 1,637	0,709	1,195
		E_c	- 0,011	0,113	- 0,049	- 0,083
		t	2,322	- 4,292	5,605	4,292

A l'exception du coefficient associé aux temps de transport, où 17% des résultats sont significatifs et contre intuitifs, les paramètres estimés sont généralement du signe attendu.

Les valeurs moyennes de Δ_r, E_r et E_c associées à l'ensemble des biens, calculées à l'aide des résultats significatifs et de signe attendu, sont les suivantes :

	TARIF TRAIN	TEMPS TRAIN	TARIF CAMION	TEMPS CAMION
Δ_r	-0,127	-0,206	0,243	0,239
E_r	-0,708	-0,887	1,260	1,036
E_c	0,171	0,305	-0,346	-0,352

Nous observons tout d'abord que le tarif par camion ainsi que les temps de transport agissent sensiblement de la même façon sur la répartition modale et dominent l'impact associé au tarif par chemin de fer. De plus, nous remarquons que les élasticités associées au camionnage sont nettement inférieures à celles relatives au chemin de fer. En dehors de ces généralités, notons toutefois que la valeur des différentes élasticités varie fortement d'un bien à l'autre.

Nous avons donc cherché à savoir si une correspondance existait entre le prix des biens et les valeurs E_{r,p_r}, E_{c,p_c} et Δ_r calculées au tableau 6-6. Chacune d'elles a donc été régressée par rapport au prix, mais aucune relation significative n'a pu être observée. Pourtant, sur la base de l'enseignement que procure la théorie des inventaires, nous nous attendions à trouver une relation positive entre l'impact du temps de transport et la valeur des biens. Des problèmes d'agrégation sont vraisemblablement à l'origine de cette situation.

L'utilisation de données désagrégées aurait sans doute pu atténuer ce problème. Toutefois, l'absence de données, de ce type ainsi que la nécessité de construire un modèle à l'échelle nationale ont été déterminants dans le choix de la méthode utilisée dans cette thèse.

Rappelons à cet effet la remarque de Anas (1981), selon laquelle les modèles estimés à l'aide de données agrégées se révèlent d'une plus grande utilité que ceux estimés sur la base d'informations désagrégées, dans le cadre d'études à l'échelle nationale ou régionale ayant comme objectif l'analyse de différentes politiques et la prévision des flux de marchandises.

6.3.3 Comparaison de certaines élasticités obtenues par Oum (1978)

Il aurait été intéressant de voir dans quelle mesure les résultats contenus dans le tableau 6-6 divergent des estimations effectuées par Oum (1978) et Turner (1975). Ces comparaisons sont toutefois impossibles à réaliser puisque ces auteurs calculent les différentes élasticités pour un point fictif correspondant aux valeurs moyennes des divers attributs de choix retenus, alors que nous utilisons une tout autre approche. Nous avons tout de même été en mesure d'établir, bien que partiellement, une comparaison avec les résultats obtenus par Oum[1], puisque celui-ci présente les valeurs des élasticités prix associées à quelques paires origine/destination pour six des 48 biens que nous analysons, soit les catégories suivantes :

32 sciages et bois d'oeuvre;
40 produits chimiques;
44 mazout;
47 autres produits du pétrole;
52 produits métalliques;
54 produits minéraux non métalliques.

Pour chacun des biens, les résultats des deux études indiquent généralement une hausse de l'élasticité propre du camionnage par rapport au prix, en fonction de la distance, alors que l'on enregistre une baisse de l'élasticité dans le cas du chemin de fer. Ces relations correspondent à

---

[1] Rappelons que Oum utilise un modèle de demande dérivé d'une fonction de coût translogarithmique, qu'il estime à l'aide de données provenant de la banque du C.I.G.G.T. et portant sur l'année 1970.

nos attentes puisque d'une part, l'élasticité prix d'un mode est inversement liée à la part du volume total qu'accapare ce mode et que, d'autre part, l'avantage comparatif du chemin de fer augmente avec la longueur du trajet. Oum, se fondant sur cette observation, segmente les marchés en fonction de la distance afin d'identifier les intervalles où règne la compétition par opposition à ceux où l'un des modes domine le marché. Cette classification s'effectue sur la base du critère suivant :

- Si $|E_{r,p_r}|$[1] > 1 et $|E_{r,p_r}| > 2 \cdot |E_{c,p_c}|$, le camionnage domine le marché

- Si $|E_{c,p_c}| > 1$ et $|E_{c,p_c}| > 2 \cdot |E_{r,p_r}|$, le chemin de fer domine le marché

- Sinon, il y a concurrence intermodale.

Comme il serait fastidieux de comparer les valeurs prises par les diverses élasticités pour chacune des paires origine/destination (valeurs souvent fort différentes), nous avons plutôt choisi de comparer nos résultats à ceux de Oum à l'aide de cet exercice de classification.

A cette fin, nous reproduisons aux graphiques 6-2 et 6-3 les parts relatives des différents statuts (dominance du chemin de fer, dominance du camionnage et compétition) en fonction de divers intervalles de distances pour les biens #32, 40, 44, 47, 52 et 54. Les élasticités associées à chaque paire origine/destination ont donc dû être calculées afin de construire ces graphiques, et chaque estimation a été effectuée en utilisant le modèle I.

Il nous a toutefois été impossible de reproduire graphiquement les résultats obtenus par Oum. En effet, sur l'ensemble des observations utilisées lors de l'estimation du modèle de choix, l'auteur n'en retient qu'une

---

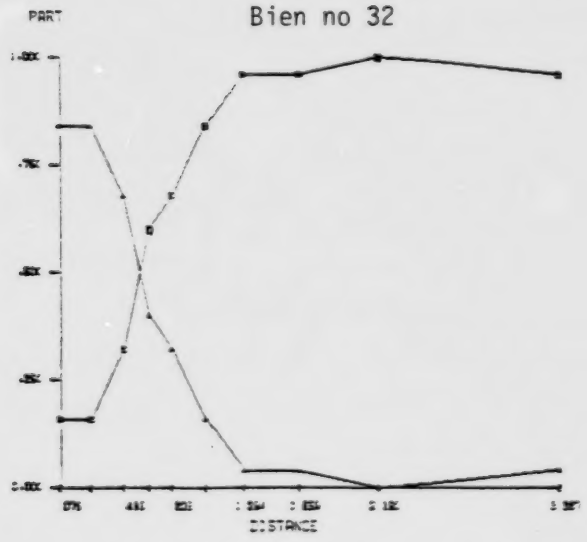
[1] $|E_{i,p_j}|$ représente la valeur absolue de l'élasticité du mode i par rapport au prix du mode j.

GRAPHIQUE 6-2

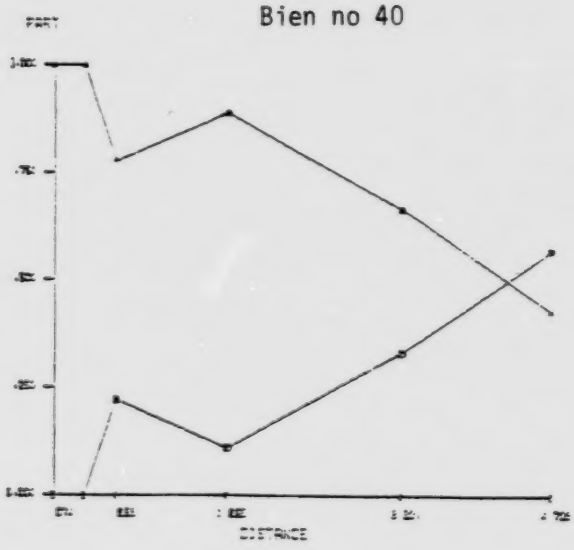
IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFÉRENTS STATUTS
EN FONCTION DE LA DISTANCE

COURBES : □ STATUT - DOMINANCE DU TRAIN
○ STATUT - DOMINANCE DU CAMION
△ STATUT - COMPETITION

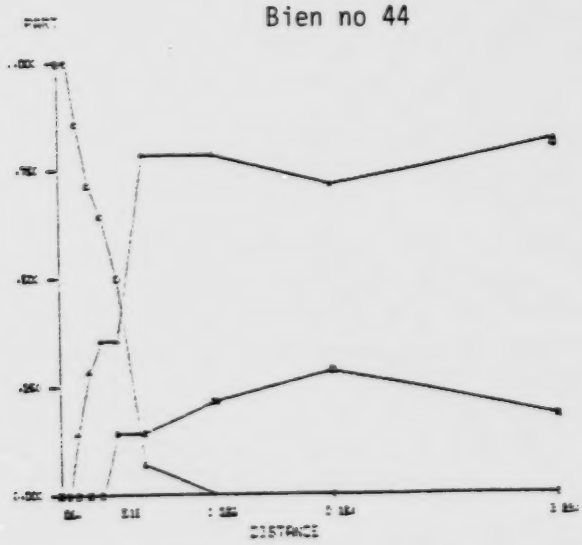
Bien no 32



Bien no 40



Bien no 44

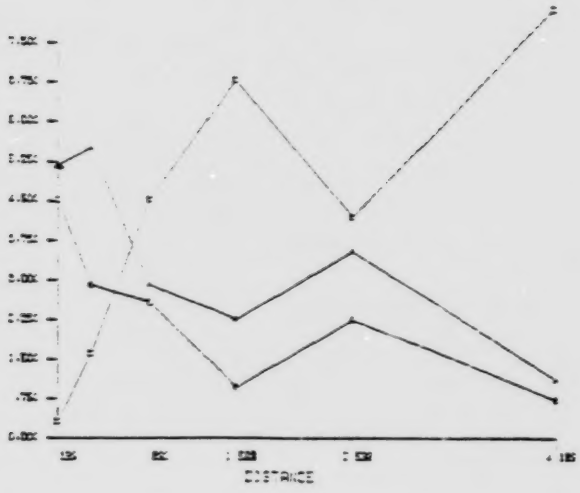


GRAPHIQUE 6-3

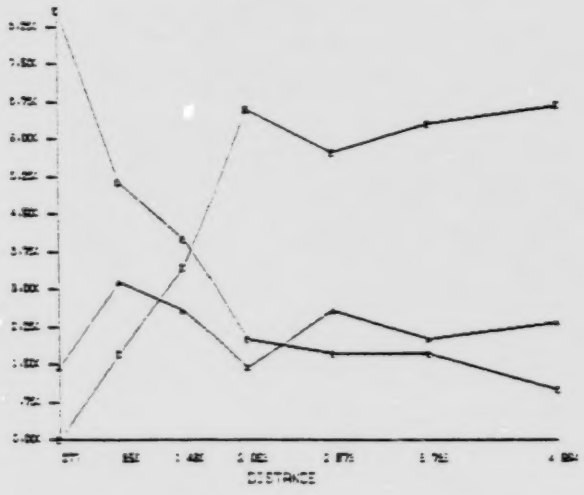
IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFÉRENTS STATUTS
EN FONCTION DE LA DISTANCE

COURBES : □ STATUT - DOMINANCE DU TRAIN
○ STATUT - DOMINANCE DU CAMION
△ STATUT - COMPETITION

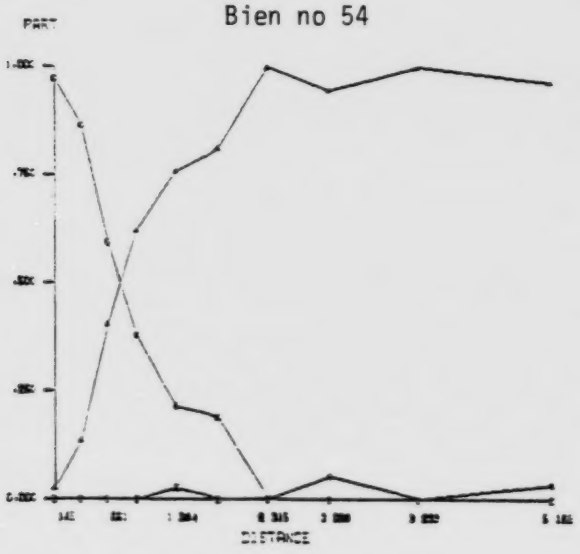
Bien no 47



Bien no 52



Bien no 54



quinzaine pour chacun des biens lorsque vient le temps d'analyser la compétitivité des marchés en fonction de la distance. Il devient donc impossible de connaître la part de chacun des statuts en fonction de la distance. Par ailleurs, si nous calculons la proportion des différents statuts à l'aide des résultats fournis par l'auteur, nous obtenons une mesure très instable. En effet, lorsque le calcul d'une proportion sur un intervalle de distance donnée s'effectue à partir de deux ou trois observations, l'ajout ou le retrait d'une observation peut modifier diamétralement les résultats. Le tableau suivant indique, au niveau du bien #40, les résultats obtenus par Oum pour les quinze paires origine/destination qu'il considère[1] :

Paire O/D	DISTANCE (km)	STATUT
1	219	comp.
2	304	comp.
3	366	comp.
4	397	comp.
5	536	comp.
6	536	comp.
7	789	dom. train
8	902	comp.
9	944	dom. train
10	1 245	dom. train
11	1 315	dom. train
12	1 480	comp.
13	*2 010	dom. train
14	*2 853	dom. train
15	*3 418	comp.

Ainsi, pour un intervalle qui comprendrait les distances supérieures à 2 000 km*, le simple fait d'introduire un nouveau marché de type compétitif ferait doubler la proportion associée à ce statut.

Sans connaître la véritable proportion des divers statuts, nous devons nous résigner à supposer que ces informations partielles reflètent d'une façon adéquate la situation prévalant sur l'ensemble des marchés.

---

[1] Les résultats relatifs aux autres catégories de biens se retrouvent à l'appendice 8.

Dans le cadre de notre analyse comparative, nous comparerons donc ces résultats partiels aux graphiques 6-2 et 6-3.

Nous présentons les conclusions de cette analyse en regard des divers intervalles de distances considérées plutôt que bien par bien. Cette façon de faire a l'avantage de rendre la présentation plus concise et plus explicite.

Sur de courtes distances (0-500 km), nos résultats concordent très bien avec ceux obtenus par Oum et indiquent généralement un partage des marchés entre ceux sujets à la domination du camionnage et ceux de type compétitif. Ce partage s'effectue plus ou moins également selon le bien considéré.

Seul le bien #44 fait exception à cette règle. En effet, nos résultats indiquent une très forte domination du camionnage alors que tous les marchés étudiés par Oum se sont avérés compétitifs.

En ce qui a trait aux distances moyennes (500 à 1 500 km), Oum indique qu'à l'exception des biens #40 et #44 où l'on retrouve à la fois de la concurrence et de la domination par le chemin de fer, tous les marchés sont soumis à la concurrence. Bien que nos résultats fassent également état de la présence de marchés compétitifs sur cet intervalle pour tous les biens, notre modèle indique toutefois la présence d'une forte proportion de marchés sous la domination de l'un ou l'autre mode sur cet intervalle.

Au niveau des longues (1 500 km - 2 500 km) et très longues distances (2 500 km +), Oum n'utilise qu'un nombre restreint d'observations pour chacun des biens (de zéro à quatre observations par intervalle par bien). La taille réduite de cet échantillon ne permet pas de tirer de conclusions valables sur le niveau de concurrence intermodale caractérisant ces intervalles. Au mieux, on peut avancer que les longs trajets sont marqués par la concurrence alors que le chemin de fer exerce une légère domination sur les très longues distances.

Quant à nos résultats, ils démontrent que trois des six biens traités, soit les biens #40, #44 et #54, possèdent en majorité des marchés compétitifs sur l'intervalle (1 500 km - 2 500 km), les autres biens étant dominés par le chemin de fer. Par ailleurs, pour les très longs trajets, la domination du chemin de fer s'accentue de façon générale, de telle sorte que seuls les biens #44 et #54 restent caractérisés par une proportion élevée de marchés compétitifs.

Pour la plupart des biens, nous remarquons que dans les résultats de Oum la domination du chemin de fer est légèrement sous-estimée ainsi que, dans une moindre mesure, celle du camionnage, comparativement à nos estimations.

Les divergences observées entre ces deux ensembles de résultats proviennent de deux sources, soit : l'utilisation de modèles distincts et l'emploi de bases de données différentes. Toutefois, la faible représentativité des données[1] dont s'est servi Oum constitue vraisemblablement un facteur majeur de divergence.

Les résultats des deux études, bien que d'une façon parfois contradictoire, font également clairement ressortir le comportement distinctif des diverses catégories de marchandises, en fonction des différents intervalles de distances. Nous n'expliquerons cependant pas pourquoi les divers biens sont caractérisés par une présence différente des divers statuts sur des intervalles de distances identiques. En effet, cette démarche nécessiterait une analyse détaillée des structures de distribution et de production de chacune des catégories de biens et dépasserait largement les objectifs fixés dans ce chapitre.

---

[1] Rappelons que ces données ne comptabilisent pas les mouvements effectués par camionnage privé, soit approximativement la moitié du trafic par camion. De plus, Statistique Canada indique que les données sur le camionnage public utilisées par Oum doivent être employées avec prudence lorsqu'elles sont employées à un niveau de désagrégation spatiale aussi élevé, compte tenu de la taille réduite de l'échantillon retenu lors de l'enquête.

Enfin, il nous apparaît important de préciser que les conclusions auxquelles conduisent les deux analyses proviennent de l'observation des marchés où existe effectivement un certain degré de concurrence. En effet, les marchés desservis par un seul mode sont exclus de l'étude. Cette omission entraîne donc vraisemblablement une sous-estimation du pouvoir de domination du camionnage et du chemin de fer. L'utilisation d'un modèle pouvant tenir compte des parts de marché nulles (Dagenais, Gaudry, 1986) serait donc tout indiqué pour traiter ce type de problème.

CHAPITRE VII

ANALYSE DES SCÉNARIOS

Les deux modules composant le modèle FRET permettent l'analyse d'un large éventail de scénarios. Le module de génération/distribution TOMM-D permet de simuler l'impact d'une variation du niveau de la demande finale, des exportations, du coefficient d'importation ou des coûts de transports interrégionaux. Quant au module de choix modal FRETNET, il tente plutôt de mesurer l'effet d'une variation des temps de transport et des tarifs sur la répartition modale.

La question de la sensibilité des parts de marché associées aux différents modes ayant été largement analysée au chapitre précédent, ce chapitre ne traitera que des capacités de simulation du module de génération/distribution TOMM-D.

Afin d'illustrer le fonctionnement de ce module, nous avons choisi deux scénarios. Toutefois, comme on pourra le constater, ces scénarios ne constituent pas des applications pratiques concrètes puisque nous visons plutôt à mettre en lumière la dynamique du fonctionnement du modèle.

Par ailleurs, étant donné que nos recherches ont porté principalement sur le développement du module, on comprendra que la réalisation d'études économiques approfondies associées à des scénarios très spécifiques dépasse le cadre de cette thèse mais pourrait en constituer le prolongement.

Les deux scénarios considérés sont les suivants :

1^{0}) Nous avons appliqué une diminution de 20% aux coûts de transport des mouvements de marchandises provenant du Québec. Cette simulation permet tout d'abord d'évaluer la sensibilité de la production régionale des différents biens face à une variation des coûts de transport. De plus, ce scénario nous indique l'ampleur de la correction apportée aux flux a

priori, par la résolution du programme mathématique représenté par les équations (3.1) à (3.3). Rappelons que les flux a priori $\tilde{z}^k_{ij}$ résultent d'une modification apportée aux flux observés z^k_{ij} à l'aide de coefficients de régression préalablement estimés.

2⁰ Nous avons haussé de 10% la demande finale du bien #62 (objets personnels et ménagers) de chacune des zones du Québec. Bien que ce groupe ne représente qu'un faible pourcentage du tonnage total transporté au Canada, il correspond tout de même à près de 10% de la valeur totale des flux domestiques. L'utilisation de ce bien permet de bien saisir la nature des relations commerciales interzonales dans un secteur important puisque les augmentations du revenu personnel disponible servent dans une large proportion à l'achat de produits appartenant au groupe #62.

Avant d'aborder de façon plus spécifique chacun des scénarios, il convient de souligner qu'en aucun cas nous n'avons introduit des contraintes régionales de capacité de production ou de main-d'oeuvre. Dans la mesure où certaines de ces contraintes pourraient s'avérer contraignantes, le modèle devrait alors être considéré comme un outil de planification à moyen et long terme, plutôt qu'à court terme. De telles contraintes peuvent cependant être incorporées au modèle.

7.1 Modification des coûts de transport

Ce scénario se réalise en deux étapes. La première permet de déterminer de nouvelles valeurs a priori pour les flux interzonaux dont les coûts de transport ont été modifiés. La seconde consiste à résoudre le programme mathématique représenté par les équations (3.1) à (3.3), de façon à obtenir des flux respectant les contraintes comptables input/ output.

Les flux a priori auxquels nous avons apporté une correction sont ceux dont l'origine se situe au Québec. La correction s'effectue de la façon suivante :

$$\tilde{z}_{ij}^{k} = z_{ij}^{k} \cdot f(B^{k}, \Delta^{k})$$

$$= z_{ij}^{k} \cdot (1+\Delta CTK_{ij}^{k})^{\beta_1^{k}}$$

où :

ΔCTK_{ij}^{k} représente la variation relative du coût de transport associée au flux observé z_{ij}^{k}.

β_1^{k} représente le coefficient associé à la variable de coût de transport, CTK_{ij}^{k}, à l'intérieur du modèle de régression (4-6) expliquant les flux du groupe de biens k.

Dans le cadre de ce scénario, $\Delta CTK_{ij}^{k} = -0.2$ pour chacune des zones i appartenant à la province de Québec. Dans tous les autres cas, cette variable adopte une valeur nulle. Quant aux coefficients β_1^{k}, ils prennent des valeurs fort différentes d'un bien à l'autre comme on peut le remarquer au tableau 4-9[1]. Étant donné que le coefficient β_1^{k} représente l'élasticité du flux par rapport au coût de transport, les modifications des quantités $\tilde{z}_{ij}^{k}$ dépendent donc largement du bien considéré. La valeur moyenne du coefficient β_1^{k} pour les 64 groupes de biens s'élève à -0.65.

La première étape du scénario ne touche que les flux provenant de la province de Québec, soit 24,4% de la valeur totale des flux domestiques canadiens. En moyenne, ces flux ont vu leur niveau augmenter de 15,95%.

Par la suite, la deuxième étape du scénario affecte l'ensemble des mouvements, de façon à obtenir une solution respectant les contraintes input/output. Plusieurs des flux qui avaient subi une modification lors de la première étape ont été diminués alors que d'autres ont plutôt été

---

[1] Pour les biens #5, 14, 18, 21, 22, 23 et 24, le coefficient β_1^{k} prend une valeur positive non significativement différente de zéro (test de niveau 0.05). Les coûts de transport associés à ces biens n'ont donc pas été modifiés. Cette situation affecte très peu les résultats du scénario puisque la production domestique québécoise associée à ces groupes de biens est négligeable.

ajustés à la hausse. Dans l'ensemble, l'ajustement à la baisse s'est montré plus important, de telle sorte que l'augmentation moyenne des flux a priori initiaux (i.e. les flux observés de l'année de base) s'élève à 8,0% après la deuxième étape du scénario, comparativement à 15,95% après la première. Ce résultat indique qu'un modèle de demande conventionnel, c'est-à-dire où il n'est pas tenu compte des contraintes comptables input/output, entraîne une surestimation importante de l'impact des coûts de transport sur la demande de transport.

Au niveau des flux n'ayant subi aucune modification lors de la première étape du scénario, c'est-à-dire les flux dont l'origine n'est pas située au Québec, la situation est la suivante :

- 94% des mouvements ont connu une baisse.
- 6% des mouvements ont subi une hausse.

La hausse moyenne s'élève à 1,9%, alors que la baisse atteint 3,6%. L'augmentation de la production du Québec provoque donc, de façon générale, une diminution de production dans les autres régions, ce à quoi l'on s'attendait.

Nous reproduisons aux tableaux 7-1 et 7-2 diverses valeurs permettant de mieux saisir l'impact de ce scénario. Le tableau 7-1 indique les productions domestiques provinciales de base ainsi que celles résultant du scénario pour onze classes de biens regroupant les 64 groupes de marchandises que compte notre modèle[1]. Comme nous l'avons précisé plus haut, on observe un déplacement de la production du reste du Canada vers le Québec. L'augmentation de production totale est de 8,0% dans cette province et les diminutions que l'on observe dans les autres provinces se montrent plus

---

1 L'utilisation de cette classification, que l'on retrouve à l'appendice 6, vise à rendre plus synthétique les résultats relatifs au scénario.

marquées en Ontario et dans les Maritimes qu'à l'intérieur du reste du pays. C'est au niveau des produits chimiques et des matières premières minérales que l'augmentation relative de la valeur de la production québécoise est la plus importante, avec des taux de 15,4% et 14,0% respectivement. Par ailleurs, les plus faibles augmentations affectent les produits du pétrole et les grains, avec ces variations de l'ordre de 3,3% et 5,5% respectivement. De façon à identifier les zones qui profitent ou subissent le plus durement les effets de ce scénario, nous indiquons au tableau 7-2 les variations totales de production affectant les zones québécoises et ontariennes.

Du côté québécois, le taux moyen d'augmentation de la production totale s'élève à 8,52%, alors que la baisse moyenne de production parmi les régions ontariennes atteint 3,14%. Au Québec, ce sont les zones #23 (Nord-Ouest), #22 (Outaouais) et #20 (Cantons de l'Est) qui subissent les plus fortes hausses de production avec des variations de 9,18%, 10,08% et 10,32% respectivement. Par ailleurs, la zone #16 (Bas Saint-Laurent, Gaspésie) enregistre la plus faible augmentation avec une hausse de 7,0%.

Du côté ontarien, la zone la moins affectée est l'Est de l'Ontario où la baisse n'atteint que 1,57%. Les zones les plus touchées sont le Centre de l'Ontario (#27), le Nord-Est (#33), le Nord-Ouest (#34) et la région du Niagara (#29), où les baisses sont respectivement de 3,9%, 3,88%, 3,79% et 3,62%.

L'impact du scénario sur une région dépend, d'une part, du type de marchandises produit à l'intérieur de la région et, d'autre part, de l'intensité de ses relations commerciales avec les autres zones. Ceci explique donc que l'on observe des impacts différents d'une zone à l'autre à l'intérieur d'une même province.

TABLEAU 7-1

SCENARIO #1 : MODIFICATION DES COUTS DE TRANSPORT

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
101	ALIMENTS ET BOISSONS	101	TERRE-NEUVE	347313	343321	-3992
		102	MARITIMES	1743928	1708140	-35788
		103	QUEBEC	7124791	7576967	452176
		104	ONTARIO	11600393	11375012	-225381
		105	MANITOBA	1619756	1585886	-33870
		106	SASKATCHEWAN	1263343	1239324	-24018
		107	ALBERTA	3923454	3841612	-81842
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	2464098	2427890	-36208
102	GRAINS, GRAINES ET ALIMENTS POUR ANIMAUX	101	TERRE-NEUVE	6299	6182	-117
		102	MARITIMES	91850	90542	-1308
		103	QUEBEC	804459	848504	44045
		104	ONTARIO	985974	971737	-14237
		105	MANITOBA	233229	230950	-2279
		106	SASKATCHEWAN	624824	620713	-4111

TABLEAU 7-1 (suite)

SCENARIO #1 : MODIFICATION DES COUTS DE TRANSPORT

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
103	MAT. PREMIERES BRUTES VEGETALES ET ANIMALES	107	ALBERTA	687571	678779	-8792
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	117187	116053	-1134
		101	TERRE-NEUVE	52286	52016	-271
		102	MARITIMES	336163	321957	-14206
		103	QUEBEC	2355987	2574091	218105
		104	ONTARIO	1945358	1823243	-122115
		105	MANITOBA	150340	144165	-6175
		106	SASKATCHEWAN	95541	92689	-2852
		107	ALBERTA	222706	216950	-5755
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	2318011	2300465	-17547
104	MATIERES PREMIERES BRUTES MINERALES	101	TERRE-NEUVE	400653	390728	-9924
		102	MARITIMES	264887	263093	-1794
		103	QUEBEC	404197	460911	56715
		104	ONTARIO	1255223	1226467	-28756

TABLEAU 7-1 (suite)

SCENARIO #1 : MODIFICATION DES COUTS DE TRANSPORT

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
105	HUILES MINERALES BRUTES ET GAZ NATUREL	105	MANITOBA	378949	377053	-1896
		106	SASKATCHEWAN	57363	55474	-1889
		107	ALBERTA	166713	164821	-1892
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	780481	771404	-9077
		101	TERRE-NEUVE	0	0	0
		102	MARITIMES	52	52	0
		103	QUEBEC	11499	12647	1148
		104	ONTARIO	78818	80597	1779
		105	MANITOBA	42427	41943	-484
		106	SASKATCHEWAN	357300	356821	-479
		107	ALBERTA	7141393	7112611	-28782
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	320056	319015	-1041
106	PRODUITS DU BOIS, PATES ET PAPIERS	101	TERRE-NEUVE	26671	26135	-535
		102	MARITIMES	304391	287998	-16393

TABLEAU 7-1 (suite)

SCENARIO #1 : MODIFICATION DES COUTS DE TRANSPORT

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
107	PRODUITS CHIMIQUES	103	QUEBEC	2004327	2189562	185235
		104	ONTARIO	1777338	1671066	-106272
		105	MANITOBA	144249	138695	-5554
		106	SASKATCHEWAN	94361	88635	-5725
		107	ALBERTA	315240	310781	-4458
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	1546836	1518091	-28745
		101	TERRE-NEUVE	18826	18127	-700
		102	MARITIMES	143690	133224	-10465
		103	QUEBEC	1352250	1560347	208097
		104	ONTARIO	3716166	3537192	-178974
		105	MANITOBA	86536	83932	-2603
		106	SASKATCHEWAN	28889	27767	-1123
		107	ALBERTA	532706	513835	-18871
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	333989	325023	-8966

TABLEAU 7-1 (suite)

SCENARIO #1 : MODIFICATION DES COUTS DE TRANSPORT

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
108	COKE ET PRODUITS DU PETROLE	101	TERRE-NEUVE	73696	71885	-1811
		102	MARITIMES	1164724	1140701	-24022
		103	QUEBEC	3084494	3185824	101330
		104	ONTARIO	3531024	3467290	-63734
		105	MANITOBA	184990	183505	-1485
		106	SASKATCHEWAN	235959	233594	-2365
		107	ALBERTA	1642870	1629041	-13829
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	1029610	1026401	-3209
109	PROD. METALLIQUES ET NON-MET. SEMI-TRANSF.	101	TERRE-NEUVE	32220	31246	-974
		102	MARITIMES	385277	375748	-9530
		103	QUEBEC	4549912	5032691	482779
		104	ONTARIO	11466757	11042202	-424555
		105	MANITOBA	415650	404233	-11417
		106	SASKATCHEWAN	253387	245435	-7952

TABLEAU 7-1 (suite)

SCENARIO #1 : MODIFICATION DES COUTS DE TRANSPORT

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
110	MACHINERIES, VEHICULES ET PIECES	107	ALBERTA	1189217	1163050	-26167
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	1000015	974026	-25989
		101	TERRE-NEUVE	14440	14851	410
		102	MARITIMES	370500	365769	-4731
		103	QUEBEC	2068495	2246239	177745
		104	ONTARIO	7770591	7623832	-146759
		105	MANITOBA	288354	282841	-5514
		106	SASKATCHEWAN	136333	134665	-1668
		107	ALBERTA	449936	443497	-6439
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	829542	815774	-13768
111	AUTRES PRODUITS MANUFACTURES FINIS	101	TERRE-NEUVE	182211	181580	-630
		102	MARITIMES	1125729	1092192	-33536
		103	QUEBEC	12930570	13929862	999291
		104	ONTARIO	21827602	21033244	-794358

TABLEAU 7-1 (suite)

SCENARIO #1 : MODIFICATION DES COUTS DE TRANSPORT

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
200	BIEN TOTAL	105	MANITOBA	1227508	1192234	-35275
		106	SASKATCHEWAN	315226	307523	-7703
		107	ALBERTA	1692535	1654497	-38038
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	2823998	2766043	-57955
		101	TERRE-NEUVE	1154616	1136072	-18544
		102	MARITIMES	5931190	5779417	-151773
		103	QUEBEC	36690981	39617647	2926666
		104	ONTARIO	65955244	63851882	-2103362
		105	MANITOBA	4771989	4665437	-106552
		106	SASKATCHEWAN	3462524	3402640	-59884
		107	ALBERTA	17964340	17729474	-234866
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	13563823	13360186	-203637

TABLEAU 7-2

SCENARIO #1 : MODIFICATION DES COUTS DE TRANSPORT

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
200	BIEN TOTAL	16	BAS SAINT-LAURENT, GASPESIE	919012	983942	64930
		17	SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN	1238698	1328741	90042
		18	QUEBEC	3281382	3552904	271522
		19	TROIS-RIVIERES	2708695	2949395	240700
		20	CANTONS-DE-L'EST	1321532	1457889	136357
		21	MONTREAL	24949068	26868817	1919749
		22	OUTAOUAIS	707421	778710	71289
		23	NORD-OUEST	717845	783718	65873
		24	COTE-NORD	619358	664936	45578
		25	NOUVEAU-QUEBEC	227968	248595	20626

TABLEAU 7-2 (suite)

SCENARIO #1 : MODIFICATION DES COUTS DE TRANSPORT

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
200	BIEN TOTAL	26	EST DE L'ONTARIO	4172887	4107487	-65400
		27	CENTRE DE L'ONTARIO	2923777	2809678	-114099
		28	TORONTO	24944661	24165531	-779130
		29	NIAGARA	15590320	15026021	-564298
		30	LAC ERIE	3528251	3423271	-104979
		31	LAC STE-CLAIRE	6245755	6076309	-169447
		32	BAIE GEORGIENNE	1990757	1937724	-53034
		33	NORD-EST DE L'ONTARIO	4729369	4545658	-183711
		34	NORD-OUEST DE L'ONTARIO	1829466	1760204	-69263

7.2 Modification de la demande finale

Ce scénario consiste à hausser de 10% la demande finale québécoise, Δ_I^k (k=62 et I = Québec) du bien #62. Cette variation représente 394 336 047,00 $, dont 95,8% correspond à l'augmentation de la demande finale des consommateurs et des administrations publiques et 4,2% celle attribuable aux industries. L'augmentation de la demande finale domestique, c'est-à-dire la demande comblée par les producteurs canadiens, Φ_I^k, n'atteint toutefois que 269 725 856,00 $, car 31% de la demande finale québécoise constitue des importations.

Le premier tableau que nous présentons indique les variations de production des 64 groupes de biens ainsi que la répartition modale du trafic domestique[1] à la suite de ce scénario (tableau 7-3). Le bien #62 se compose principalement des vêtements, des meubles et des appareils électroménagers; nous observons donc une importante augmentation de la production des dérivés des animaux et végétaux (#31), des produits chimiques (#40 et #41) et des produits manufacturés divers (#64), principales sources d'input du bien #62. Les biens ayant subi les principales hausses de production à la suite de l'application du scénario apparaissent au tableau suivant :

no. du bien	nom du bien	variation absolue ($)	variation relative (%)
62	objets personnels et ménagers	277 524 000,00	2,24
31	autres dérivés des animaux et végétaux	35 542 000,00	1,31
64	produits manufacturés divers	16 586 000,00	0,08
41	autres produits chimiques	10 876 000,00	0,32
48	produits du fer et de l'acier	6 787 000,00	0,10
40	produits chimiques industriels	6 569 000,00	0,29
63	contenants	4 896 000,00	0,14
61	autres équipements manufacturés	3 185 000,00	0,06

[1] À l'intérieur de ce scénario, ainsi que dans tous les cas où les temps et tarifs de transport demeurent constants, la répartition modale sur chaque paire origine/destination reste identique à celle correspondant à la solution de base observée.

D'un point de vue global, l'augmentation de la demande finale du bien #62 génère un accroissement de la production domestique de 411 396 000,00 $. De ce montant, 54% est produit au Québec et 39% en Ontario. Ces résultats globaux doivent cependant être interprétés avec circonspection. À cet effet, reportons-nous au tableau 7-4, qui indique les variations de productions provinciales pour les onze catégories de marchandises auxquelles nous avons déjà fait référence. Si l'on fait abstraction du groupe #111 (autres produits manufacturés finis) qui englobe le bien #62, le Québec connaît une hausse de production supérieure à celle de l'Ontario pour seulement deux groupes de biens, soit les groupes #103 (matières premières brutes végétales et animales) et #106 (bois, pâtes et papiers).

Ces résultats reflètent bien le faible niveau d'intégration industrielle québécois.

L'appendice 9 et le tableau 7-5 permettent de ramener l'analyse à un niveau plus désagrégé. On retrouve à l'appendice 9 les variations de productions zonales associées à chacune des onze classes de biens pour le Québec et l'Ontario. Quant au tableau 7-5, il indique les cinq paires origine/destination ayant subi les plus fortes variations absolues pour les groupes de marchandises #31, 40, 41, 48, 62, 64 et 200.

Nous n'analyserons pas de façon détaillée le contenu de l'appendice 9 et du tableau 7-5. Retenons toutefois qu'il reflète bien le haut niveau d'intégration des systèmes urbains ontariens par rapport à ceux du Québec. Cet aspect se retrouve clairement au tableau 7-5 où plusieurs zones ontariennes (Toronto, Niagara, Lac-Sainte-Claire, Nord-Est, et Est de l'Ontario) participent de façon importante aux échanges commerciaux, alors qu'aucune zone du Québec ne parvient à échanger avec la région montréalaise ou avec le reste de l'Ontario.

7.3 Conclusion

Cette section nous a tout d'abord permis d'entrevoir les possibilités d'utilisation du modèle TOMM-D. Par la suite, nous avons soulevé le problème du biais que peut provoquer l'utilisation d'un modèle de demande classique sans contraintes input/output. Enfin, les scénarios analysés ont permis d'illustrer certaines caractéristiques des économies québécoise et ontarienne déjà mentionnées par plusieurs observateurs, soit les questions touchant à l'intégration industrielle et à l'intégration des systèmes urbains de ces deux provinces.

TABLEAU 7-3

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE TOTALE ET REPARTITION MODALE

(SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION PAR RAPPORT A LA SOLUTION DE BASE)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	PRODUCTION TOTALE	VARIATION TOTALE	REPARTITION MODALE ABSOLUE, RELATIVE ET VARIATION		
				CAMION	TRAIN	BATEAU
1	ANIMAUX VIVANTS	5470708	1246	5338591 97.6% 1182	132051 2.4% 64	66 0.0% 0
2	PRODUITS DE LA VIANDE	9298908	868	8772512 94.3% 679	511252 5.5% 188	15144 0.2% 1
3	POISSONS ET PRODUITS	1034999	162	920313 88.9% 128	89416 8.6% 30	25270 2.4% 4
4	PRODUITS LAITIERS OEUFS, MIEL	2292897	535	2266713 98.9% 536	25640 1.1% -1	544 0.0% 0
5	BLE	493902	92	381172 77.2% 75	105959 21.5% 17	6770 1.4% 0
6	AUTRES CEREALES	290596	96	210118 72.3% 71	75890 26.1% 24	4588 1.6% 1
7	FARINE DE BLE	369528	75	289491 78.3% 59	79886 21.6% 16	150 0.0% 0
8	PRODUITS CEREALIERS, AUTRES	2001000	225	1714973 85.7% 187	258564 12.9% 32	27463 1.4% 7
9	FRUITS, LEGUMES, AUTRES ALIMENTS	5330417	507	3914274 73.4% 380	1295688 24.3% 118	120455 2.3% 9
10	SUCRE, MELASSE, SIROP	499985	137	370615 74.1% 93	126270 25.3% 44	3100 0.6% 0
11	ALIMENTS POUR ANIMAUX	2244901	558	2011923 89.6% 514	208998 9.3% 29	23980 1.1% 15
12	BREUVAGES	2186622	123	2006285 91.8% 100	163745 7.5% 23	16591 0.8% 0

1

TABLEAU 7-3 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE TOTALE ET REPARTITION MODALE

(SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION PAR RAPPORT A LA SOLUTION DE BASE)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	PRODUCTION TOTALE	VARIATION TOTALE	REPARTITION MODALE ABSOLUE, RELATIVE ET VARIATION		
				CAMION	TRAIN	BATEAU
13	TABAC	1178035	94	895075 76.0% 136	282740 24.0% -42	219 0.0% 0
14	GRAINES OLEAGINEUSES	522991	252	498263 95.3% 245	23011 4.4% 7	1718 0.3% 0
15	ANIMAUX ET VEGETAUX BRUTS	430262	2312	376507 87.5% 1932	53574 12.5% 380	180 0.0% 0
16	BOIS ET COPEAUX A PATE	1728058	1259	1103127 63.8% 787	429792 24.9% 357	195139 11.3% 115
17	BILLOTS, POTEAUX ET AUTRES	2474470	965	1412636 57.1% 790	95557 3.9% 33	966277 39.0% 142
18	MINERAI ET CONCENTRES DE FER	363705	322	363698 100.0% 322	5 0.0% 0	2 0.0% 0
19	AUTRES MINERAIS METALLIQUES	2461749	2047	133789 5.4% 56	2183466 88.7% 1840	144494 5.9% 151
20	CHARBON	242753	128	174797 72.0% 79	53649 22.1% 35	14307 5.9% 14
21	HUILESMINERALES BRUTES	6115482	2749	6092396 99.6% 2744	23087 0.4% 5	0 0.0% 0
22	GAZ NATUREL	1840127	1315	1840127 100.0% 1315	0 0.0% 0	0 0.0% 0
23	AMIANTE BRUTE	25598	59	16288 63.6% 38	9310 36.4% 20	0 0.0% 0
24	SABLE ET GRAVIER	159649	106	151154 94.7% 104	1419 0.9% 1	7077 4.4% 2

2

TABLEAU 7-3 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE TOTALE ET REPARTITION MODALE

(SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION PAR RAPPORT A LA SOLUTION DE BASE)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	PRODUCTION TOTALE	VARIATION TOTALE	REPARTITION MODALE ABSOLUE, RELATIVE ET VARIATION		
				CAMION	TRAIN	BATEAU
25	GYPSE	21334	20	15368 72.0% 13	1676 7.9% 1	4291 20.1% 5
26	AUTRES PRODUITS DES MINES	257698	341	163638 63.5% 249	63642 24.7% 73	30418 11.8% 40
27	SEL	98170	63	60633 61.8% 40	12654 12.9% 9	24883 25.3% 16
28	SOUFRE BRUT ET RAFFINE	36338	91	22095 60.8% 57	13868 38.2% 33	376 1.0% 1
29	REBUTS ET FERRAILLES	44791	125	29584 66.1% 61	15182 33.9% 63	24 0.1% 0
30	HUILES ET GRAISSES (ANIMALES ET VEGETALES)	577871	1126	396181 68.6% 702	177906 30.8% 417	3784 0.7% 7
31	PRODUITS DERIVES DES ANIMAUX ET DES VEGETAUX	2734685	35342	2641205 96.6% 34317	73855 2.7% 982	19625 0.7% 43
32	SCIAGE ET BOIS D'OEUVRE	1405778	2023	876930 62.4% 1533	322257 22.9% 467	206591 14.7% 23
33	PLACAGES ET CONTRE-PLAQUES	664715	804	127774 19.2% 128	522538 78.6% 649	14403 2.2% 26
34	AUTRES PRODUITS DU BOIS	1264461	1075	1160353 91.8% 1022	98347 7.8% 51	5760 0.5% 2
35	PATE DE BOIS	386184	913	34111 8.8% 50	338714 87.7% 858	13358 3.5% 5
36	PAPIER JOURNAL	334042	265	91712 27.5% 88	217525 65.1% 163	24805 7.4% 13

3

TABLEAU 7-3 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE TOTALE ET REPARTITION MODALE

(SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION PAR RAPPORT A LA SOLUTION DE BASE)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	PRODUCTION TOTALE	VARIATION TOTALE	REPARTITION MODALE ABSOLUE, RELATIVE ET VARIATION		
				CAMION	TRAIN	BATEAU
37	AUTRES PAPIERS	1228842	1812	1054780 85.8% 1565	168794 13.7% 246	5267 0.4% 1
38	CARTONS, PAPIERS DE CONSTRUCTION	938071	1789	602491 64.2% 1171	316556 33.7% 604	19024 2.0% 13
39	ACIDE SULFURIQUE	46050	120	20295 44.1% 49	25005 54.3% 70	750 1.6% 0
40	PRODUITS CHIMIQUES INDUSTRIELS	2268511	6569	810196 35.7% 2989	1132271 49.9% 2765	326045 14.4% 816
41	AUTRES PRODUITS CHIMIQUES	3370866	10876	2571736 76.3% 8847	784960 23.3% 2019	14171 0.4% 10
42	ENGRAIS CHIMIQUES	545693	505	425981 78.1% 415	118314 21.7% 87	1397 0.3% 2
43	ESSENCE	4241761	823	3569946 84.2% 777	170251 4.0% 23	501563 11.8% 24
44	MAZOUT	5009420	2376	4058864 81.0% 2002	244553 4.9% 95	706003 14.1% 278
45	COKE	29476	24	14846 50.4% 14	12534 42.5% 9	2096 7.1% 1
46	GAZ LIQUEFIES	339526	611	192489 56.7% 454	147037 43.3% 157	0 0.0% 0
47	AUTRES PRODUITS RAFFINES DU PETROLE	1332947	1932	1066037 80.0% 1590	201138 15.1% 263	65772 4.9% 78
48	PRODUITS DU FER ET DE L'ACIER	7005751	6787	4745087 67.7% 4706	2023457 28.9% 1900	237207 3.4% 182

4

TABLEAU 7-3 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE TOTALE ET REPARTITION MODALE

(SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION PAR RAPPORT A LA SOLUTION DE BASE)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	PRODUCTION TOTALE	VARIATION TOTALE	REPARTITION MODALE ABSOLUE, RELATIVE ET VARIATION		
				CAMION	TRAIN	BATEAU
49	PRODUITS DE L'ALUMINIUM	1518920	1979	1166079 76.8% 1540	276956 18.2% 326	75885 5.0% 113
50	PRODUITS DU CUIVRE ET ALLIAGES	1037192	2175	451748 43.6% 1036	585444 56.4% 1138	0 0.0% 0
51	AUTRES METAUX NON-FERREUX	1038006	2578	850476 81.9% 2132	187530 18.1% 446	0 0.0% 0
52	PRODUITS METALLIQUES	4149747	3622	3967240 95.6% 3521	148813 3.6% 68	33694 0.8% 33
53	CIMENT	562278	371	433722 77.1% 308	86722 15.4% 37	41835 7.4% 26
54	PRODUITS MINERAUX NON-METALLIQUES	4001920	3866	3578087 89.4% 3628	416715 10.4% 235	7118 0.2% 2
55	MACHINES INDUSTRIELLES	3776279	1209	2689223 71.2% 975	1087056 28.8% 234	0 0.0% 0
56	MACHINES AGRICOLES	439143	70	325932 74.2% 61	96698 22.0% 3	16512 3.8% 6
57	VOITURES PARTICULIERES	1723973	66	981142 56.9% 22	741344 43.0% 43	1487 0.1% 1
58	VEHICULES UTILITARES	2061449	116	654733 31.8% 40	1405313 68.2% 76	1403 0.1% 0
59	PIECES POUR AUTOMOBILES	2016978	352	1328409 65.9% 117	686944 34.1% 234	1625 0.1% 1
60	AUTRE MATERIEL DE TRANSPORT	1912325	143	1291854 67.6% 135	605100 31.6% 5	15371 0.8% 3

5

TABLEAU 7-3 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE TOTALE ET REPARTITION MODALE

(SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION PAR RAPPORT A LA SOLUTION DE BASE)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	PRODUCTION TOTALE	VARIATION TOTALE	REPARTITION MODALE ABSOLUE, RELATIVE ET VARIATION		
				CAMION	TRAIN	BATEAU
61	AUTRE EQUIPEMENT MANUFACTURIER	5605783	3186	3317561 59.2% 2637	2165240 38.6% 514	122982 2.2% 34
62	OBJETS PERSONNELS ET MENAGERS	12655930	277524	11093431 87.7% 242611	1549747 12.2% 34858	12753 0.1% 55
63	CONTENANTS (BOITES, BOUTEILLES)	3448977	4895	3225224 93.5% 4713	197997 5.7% 181	25756 0.7% 2
64	PRODUITS MANUFACTURES DIVERS	20716879	16586	19232538 92.8% 16182	1457532 7.0% 423	26809 0.1% -19
200	BIEN TOTAL	149906101	411396	120594573 80.4% 355047	25127152 16.8% 54050	4184376 2.8% 2299

6

TABLEAU 7-4

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
101	ALIMENTS ET BOISSONS	101	TERRE-NEUVE	347313	347365	52
		102	MARITIMES	1743928	1744319	391
		103	QUEBEC	7124791	7125395	604
		104	ONTARIO	11600393	11603155	2763
		105	MANITOBA	1619756	1620303	547
		106	SASKATCHEWAN	1263343	1263725	382
		107	ALBERTA	3923454	3924420	966
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	2464098	2464677	579
102	GRAINS, GRAINES ET ALIMENTS POUR ANIMAUX	101	TERRE-NEUVE	6299	6302	3
		102	MARITIMES	91850	91867	17
		103	QUEBEC	804459	804628	169
		104	ONTARIO	985974	986232	258
		105	MANITOBA	233229	233293	64
		106	SASKATCHEWAN	624824	625056	233

TABLEAU 7-4 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
103	MAT. PREMIERES BRUTES VEGETALES ET ANIMALES	107	ALBERTA	687571	687803	232
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	117187	117208	21
		101	TERRE-NEUVE	52286	52292	5
		102	MARITIMES	336163	337047	884
		103	QUEBEC	2355987	2374657	18670
		104	ONTARIO	1945358	1962772	17414
		105	MANITOBA	150340	150967	627
		106	SASKATCHEWAN	95541	95634	93
		107	ALBERTA	222706	223106	401
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	2318011	2318608	597
104	MATIERES PREMIERES BRUTES MINERALES	101	TERRE-NEUVE	400653	401024	371
		102	MARITIMES	264887	265124	237
		103	QUEBEC	404197	404619	422
		104	ONTARIO	1255223	1256690	1467

2

TABLEAU 7-4 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
105	HUILES MINERALES BRUTES ET GAZ NATUREL	105	MANITOBA	378949	379119	170
		106	SASKATCHEWAN	57363	57413	50
		107	ALBERTA	166713	166840	126
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	780481	780958	477
		101	TERRE-NEUVE	0	0	0
		102	MARITIMES	52	52	0
		103	QUEBEC	11499	11489	-10
		104	ONTARIO	78818	78849	31
		105	MANITOBA	42427	42453	26
		106	SASKATCHEWAN	357300	357491	192
		107	ALBERTA	7141393	7145198	3805
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	320056	320076	20
106	PRODUITS DU BOIS, PATES ET PAPIERS	101	TERRE-NEUVE	26671	26686	15
		102	MARITIMES	304391	304807	416

TABLEAU 7-4 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
107	PRODUITS CHIMIQUES	103	QUEBEC	2004327	2008292	3964
		104	ONTARIO	1777338	1780118	2780
		105	MANITOBA	144249	144407	157
		106	SASKATCHEWAN	94361	94467	106
		107	ALBERTA	315240	315379	139
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	1546836	1547937	1100
		101	TERRE-NEUVE	18826	18870	44
		102	MARITIMES	143690	144126	436
		103	QUEBEC	1352250	1356300	4050
		104	ONTARIO	3716166	3728414	12248
		105	MANITOBA	86536	86636	101
		106	SASKATCHEWAN	28889	28924	35
		107	ALBERTA	532706	533565	859
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	333989	334286	297

TABLEAU 7-4 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
108	COKE ET PRODUITS DU PETROLE	101	TERRE-NEUVE	73696	73705	9
		102	MARITIMES	1164724	1164928	205
		103	QUEBEC	3084494	3086728	2234
		104	ONTARIO	3531024	3533733	2709
		105	MANITOBA	184990	185041	51
		106	SASKATCHEWAN	235959	236032	73
		107	ALBERTA	1642870	1643257	388
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	1029610	1029706	96
109	PROD. METALLIQUES ET NON-MET. SEMI-TRANSF.	101	TERRE-NEUVE	32220	32235	15
		102	MARITIMES	385277	385700	422
		103	QUEBEC	4549912	4555416	5504
		104	ONTARIO	11466757	11480472	13715
		105	MANITOBA	415650	415939	289
		106	SASKATCHEWAN	253387	253563	177

TABLEAU 7-4 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
110	MACHINERIES, VEHICULES ET PIECES	107	ALBERTA	1189217	1189751	534
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	1000015	1000737	722
		101	TERRE-NEUVE	14440	14426	-14
		102	MARITIMES	370500	370656	156
		103	QUEBEC	2068495	2067797	-698
		104	ONTARIO	7770591	7772547	1956
		105	MANITOBA	288354	288469	115
		106	SASKATCHEWAN	136333	136381	48
		107	ALBERTA	449936	450069	134
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	829542	829799	258
111	AUTRES PRODUITS MANUFACTURES FINIS	101	TERRE-NEUVE	182211	182350	139
		102	MARITIMES	1125729	1127784	2055
		103	QUEBEC	12930570	13118402	187832
		104	ONTARIO	21827602	21931881	104280

TABLEAU 7-4 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
200	BIEN TOTAL	105	MANITOBA	1227508	1231321	3813
		106	SASKATCHEWAN	315226	315452	226
		107	ALBERTA	1692535	1693726	1191
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	2823998	2826652	2654
		101	TERRE-NEUVE	1154616	1155255	640
		102	MARITIMES	5931190	5936411	5221
		103	QUEBEC	36690981	36913723	222742
		104	ONTARIO	65955244	66114866	159621
		105	MANITOBA	4771989	4777948	5959
		106	SASKATCHEWAN	3462524	3464139	1615
		107	ALBERTA	17964340	17973116	8776
		108	COLOMBIE-BRITANIQUE	13563823	13570644	6821

TABLEAU 7-5

SCENARIO #2 : VARIATION DE LA DEMANDE FINALE

FLUX ORIGINE/DESTINATION MODIFIE ET VARIATION

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES: 31

NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES: PRODUITS DERIVES DES ANIMAUX ET DES VEGETAUX

ORIGINE	DESTINATION	FLUX MODIFIE ET VARIATION			
		CAMION	TRAIN	BATEAU	TOTAL
18 QUEBEC	21 MONTREAL	95041 1547	0 0	0 0	95041 1547
21 MONTREAL	21 MONTREAL	411184 7863	43 1	0 0	411227 7864
28 TORONTO	21 MONTREAL	129975 3109	419 10	0 0	130395 3119
28 TORONTO	28 TORONTO	181523 2055	0 0	0 0	181523 2055
29 NIAGARA	21 MONTREAL	44958 1060	21601 509	0 0	66559 1569

TABLEAU 7-5 (suite)

SCENARIO #2 : VARIATION DE LA DEMANDE FINALE

FLUX ORIGINE/DESTINATION MODIFIE ET VARIATION

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES
40	PRODUITS CHIMIQUES INDUSTRIELS

ORIGINE	DESTINATION	FLUX MODIFIE ET VARIATION			
		CAMION	TRAIN	BATEAU	TOTAL
21 MONTREAL	21 MONTREAL	99933 389	3763 15	0 0	103696 403
28 TORONTO	20 TORONTO	249514 1125	228 1	0 0	249742 1126
31 LAC STE-CLAIRE	21 MONTREAL	0 0	75206 354	16443 77	91648 431
31 LAC STE-CLAIRE	28 TORONTO	0 0	59426 307	27804 143	87229 450
31 LAC STE-CLAIRE	29 NIAGARA	0 0	53938 273	32777 166	86715 438

TABLEAU 7-5 (suite)

SCENARIO #2 : VARIATION DE LA DEMANDE FINALE

FLUX ORIGINE/DESTINATION MODIFIE ET VARIATION

UNITE : ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES: 41

NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES: AUTRES PRODUITS CHIMIQUES

ORIGINE	DESTINATION	FLUX MODIFIE ET VARIATION			
		CAMION	TRAIN	BATEAU	TOTAL
21 MONTREAL	21 MONTREAL	139501 838	21775 131	0 0	161277 969
28 TORONTO	21 MONTREAL	234847 1482	3354 21	0 0	238201 1503
28 TORONTO	28 TORONTO	277232 1038	4170 16	0 0	281402 1053
28 TORONTO	29 NIAGARA	183515 784	176 1	0 0	183691 785
31 LAC STE-CLAIRE	28 TORONTO	30113 134	99692 444	0 0	129806 578

TABLEAU 7-5 (suite)

SCENARIO #2 : VARIATION DE LA DEMANDE FINALE

FLUX ORIGINE/DESTINATION MODIFIE ET VARIATION

UNITE : ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES : 40

NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES : PRODUITS DU FER ET DE L'ACIER

ORIGINE	DESTINATION	FLUX MODIFIE ET VARIATION			
		CAMION	TRAIN	BATEAU	TOTAL
21 MONTREAL	21 MONTREAL	333283 468	92663 130	238 0	426184 599
29 NIAGARA	21 MONTREAL	169736 297	231157 404	6611 12	407504 712
29 NIAGARA	28 TORONTO	1267301 1557	18726 23	0 0	1286026 1580
29 NIAGARA	29 NIAGARA	497170 576	40713 47	0 0	537883 623
33 NORD-EST DE L'ONTARIO	28 TORONTO	263293 429	137508 224	0 0	400800 653

TABLEAU 7-5 (suite)

SCENARIO #2 : VARIATION DE LA DEMANDE FINALE

FLUX ORIGINE/DESTINATION MODIFIE ET VARIATION

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES: 62

NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES: OBJETS PERSONNELS ET MENAGERS

ORIGINE	DESTINATION	FLUX MODIFIE ET VARIATION			
		CAMION	TRAIN	BATEAU	TOTAL
21 MONTREAL	18 QUEBEC	315629 26263	29 2	0 0	315658 26265
21 MONTREAL	19 TROIS-RIVIERES	324471 27467	0 0	0 0	324471 27467
21 MONTREAL	21 MONTREAL	990581 77469	4576 358	0 0	995158 77827
28 TORONTO	21 MONTREAL	263663 21613	193060 15826	0 0	456723 37439
29 NIAGARA	21 MONTREAL	93601 7666	130924 10723	0 0	224525 18390

5

TABLEAU 7-5 (suite)

SCENARIO #2 : VARIATION DE LA DEMANDE FINALE

FLUX ORIGINE/DESTINATION MODIFIE ET VARIATION

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES: 64

NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES: PRODUITS MANUFACTURES DIVERS

ORIGINE	DESTINATION	FLUX MODIFIE ET VARIATION			
		CAMION	TRAIN	BATEAU	TOTAL
21 MONTREAL	21 MONTREAL	1768833 3732	3810 8	0 0	1772644 3740
28 TORONTO	26 EST DE L'ONTARIO	930283 772	277 0	0 0	930560 772
28 TORONTO	28 TORONTO	688636 642	421 0	0 0	689057 642
28 TORONTO	29 NIAGARA	967994 1081	2789 3	0 0	970783 1084
29 NIAGARA	28 TORONTO	1165869 1269	0 0	0 0	1165869 1269

6

TABLEAU 7-5 (suite)

SCENARIO #2 : VARIATION DE LA DEMANDE FINALE

FLUX ORIGINE/DESTINATION MODIFIE ET VARIATION

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES: 200

NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES: BIEN TOTAL

ORIGINE	DESTINATION	FLUX MODIFIE ET VARIATION			
		CAMION	TRAIN	BATEAU	TOTAL
21 MONTREAL	18 QUEBEC	1918053 28151	23490 15	79391 31	2020933 28197
21 MONTREAL	19 TROIS-RIVIERES	1441750 29776	34371 61	13741 13	1489862 29851
21 MONTREAL	21 MONTREAL	8446556 94570	241926 699	4130 5	8692613 95273
28 TORONTO	21 MONTREAL	1783445 27672	610781 16136	7225 9	2409452 43816
29 NIAGARA	21 MONTREAL	848823 9972	709089 12052	15675 18	1573587 22042

CONCLUSION

Élaborer et calibrer le modèle complet de simulation des flux de marchandises FRET au Canada représente un défi de taille. Nous avons donc, dans cette thèse, concentré nos efforts sur certains aspects bien précis de cette problématique, soit : la génération, la distribution et la répartition modale en ce qui concerne les mouvements domestiques de marchandises. La calibration de cet outil partiel a néanmoins présenté plusieurs difficultés majeures, compte tenu du niveau élevé de désagrégation spatiale utilisé, et nécessité la construction d'une banque de données adaptée à nos besoins particuliers.

Une des contributions importantes de cette thèse est d'ailleurs l'élaboration de cette banque qui, à notre connaissance, constitue la source d'information la plus complète à ce jour concernant les flux domestiques de marchandises au Canada. Rappelons que l'atout majeur de cette banque réside dans la comptabilisation des mouvements effectués par le biais du camionnage privé, ce qui a requis l'utilisation conjointe des données du Canadian Institute of Guided Ground Transport et de la division de l'analyse structurelle de Statistique Canada.

Le modèle de simulation des flux qui a été utilisé, TOMM-D, permet de tenir compte des contraintes comptables input/output, ce qui, contrairement à plusieurs méthodes présentées au chapitre II, permet de relier les différentes productions régionales. À cet égard, nous avons fait état au chapitre VI des divergences existant entre la solution obtenue du modèle TOMM-D et celle résultant d'un simple modèle de régression, cette dernière étant beaucoup moins réaliste.

Les résultats des simulations présentées dans ce chapitre ont d'ailleurs démontré de façon encourageante les capacités de simulation du modèle TOMM-D. L'approche algorithmique employée se révèle également intéressante puisqu'elle ouvre une nouvelle voie en ce qui concerne la résolution des modèles input/output régionalisés de grande taille.

Quant au module FRETNET, dont seule la composante de répartition modale a été abordée, il nous permet maintenant d'associer une fonction de choix modal à la majorité des catégories de biens. Le modèle de choix retenu, du type Box-Cox logit, s'est par ailleurs montré significativement supérieur au logit linéaire dans 76% des cas analysés, confirmant ainsi l'importance d'introduire des transformations de Box-Cox sur les variables de choix.

L'estimation de ces différentes fonctions de choix modal ainsi que la calibration du modèle TOMM-D nous a permis de faire progresser de façon notable le processus de modélisation de la demande de transport au Canada. Toutefois, il reste plusieurs étapes à franchir avant d'en arriver à un modèle global intégrant tous les aspects de cette demande. Ainsi, dans le cadre du projet FRET, nous avons précisé trois aspects qui devraient être développés prioritairement afin d'obtenir un outil de planification complet.

Tout d'abord, il faudra mettre au point un modèle d'affectation des flux sur le réseau de transport multimodal canadien. Cette étape nécessite toutefois une connaissance des mouvements de marchandises importées et exportées plus complète que celle dont on dispose actuellement. Différentes méthodes d'estimation de ces flux devront donc être mises au point.

Deuxièmement, il faudra voir à la réalisation d'un procédé d'interface entre le modèle TOMM-D et la composante de choix modal du module FRETNET. Dans l'état actuel des choses, une modification des tarifs de transport induit, d'une part, une nouvelle distribution des flux, par le modèle TOMM-D et, d'autre part, une modification de la répartition modale par la composante de choix modal du module FRETNET.

Toutefois, l'impact de la nouvelle distribution des flux interrégionaux provoque des pressions pouvant influencer le niveau des tarifs et, par

le fait même, la répartition modale et la distribution des flux. Une prise en compte de ces effets de rétroaction par le biais de fonctions de tarifs variables selon le niveau des flux pourrait donc être envisagée afin de relier les deux modèles.

Enfin, une étape importante qui devra être réalisée consistera à rendre endogène le secteur des ménages à l'intérieur des contraintes input/ ouput de façon à obtenir un modèle de type fermé.

APPENDICE 1 - Les 67 zones, leurs centroïdes et la correspondance avec les divisions de recensement de Statistique Canada[1]

No.	Nom de la région	Centroïde	Code C.G.T. et nom de la division de recensement, 1976	
1	Péninsule d'Avalon	St. Johns	10 01	Division 1
2	Côte-Sud, Péninsule de Burin	Port-aux-Basques	10 02	Division 2
			10 03	Division 3
3	Notre-Dame, Centre de la baie de Bonavista	Grand Falls	10 06	Division 6
			10 07	Division 7
			10 08	Division 8
4	Côte-Ouest, Péninsule du Nord, Labrador	Corner Brook	10 04	Division 4
			10 05	Division 5
			10 09	Division 9
			10 10	Division 10
5	Ile-du-Prince-Édouard	Charlottetown	11 01	Kings
			11 02	Queen's
			11 03	Prince
6	Cap-Breton	North Sydney	12 15	Inverness
			12 16	Richmond
			12 17	Cape Breton
			12 18	Victoria
7	Côte-Nord de la Nouvelle-Écosse	New Glasgow	12 10	Colchester
			12 11	Cumberland
			12 12	Pictou
			12 13	Guysborough
			12 14	Antigonish
8	Vallée d'Annapolis	Kingston	12 03	Digby
			12 05	Annapolis
			12 07	Kings
			12 08	Hants
9	Sud de la Nouvelle-Écosse	Lunenburg	12 01	Shelbourne
			12 02	Yarmouth
			12 04	Queens
			12 06	Lunenburg
10	Halifax	Halifax	12 09	Halifax
11	Baie-des-Chaleurs, Miramichi	Bathurst	13 09	Northumberland
			13 14	Restigouche
			13 15	Gloucester
12	Moncton	Moncton	13 06	Albert
			13 07	Westmorland
			13 08	Kent

[1] Les limites des divisions de recensement de Statistique Canada pour 1976 sont décrites dans la publication #12-554.

APPENDICE 1 (suite)

No.	Nom de la région	Centroïde	Code C.G.T. et nom de la division de recensement, 1976	
13	Saint-John	Saint-John	13 01	Saint-John
			13 02	Charlotte
			13 05	Kings
14	Frédéricton	Frédéricton	13 03	Sunbury
			13 04	Queens
			13 10	York
15	Edmunston-Woodstock	Edmunston	13 11	Carleton
			13 12	Victoria
			13 13	Madawaska
16	Bas Sain-Laurent, Gaspésie	Rimouski	24 01	Iles-de-la-Madeleine
			24 02	Gaspé-Est
			24 03	Gaspé-Ouest
			24 04	Bonaventure
			24 05	Matapédia
			24 06	Matane
			24 07	Rimouski (partie)
17	Saguenay-Lac Saint-Jean	Chicoutimi	24 90	Lac St-Jean-Ouest
			24 93	Lac St-Jean-Est
			24 94	Chicoutimi
18	Québec	Québec	24 07	Rimouski (partie)
			24 08	Rivière-du-Loup
			24 09	Témiscouata
			24 10	Kamouraska
			24 11	Charlevoix-Est
			24 12	Charlevoix-Ouest
			24 13	L'Islet
			24 14	Montmagny
			24 15	Bellechasse
			24 16	Montmorency 2
			24 17	Montmorency 1
			24 20	Québec (partie)
			24 21	Lévis
			24 22	Dorchester
			24 23	Beauce
			24 24	Frontenac (partie)
			24 26	Wolfe (partie)
			24 27	Mégantic (partie)
			24 28	Lotbinière (partie)
			24 29	Portneuf (partie)
			24 27	Saguenay (partie)

APPENDICE 1 (suite)

No.	Nom de la région	Centroïde	Code C.G.T. et nom de la division de recensement, 1976	
19	Trois-Rivières	Trois-Rivières	24 20	Québec (partie)
			24 27	Mégantic (partie)
			24 28	Lotbinière (partie)
			24 29	Portneuf (partie)
			24 32	Champlain
			24 33	Nicolet
			24 34	Arthabaska (partie)
			24 41	Drummond
			24 42	Yamaska (partie)
			24 43	Saint-Maurice
			24 47	Maskinongé (partie)
			24 84	Abitibi (partie)
20	Cantons-de-l'Est	Sherbrooke	24 24	Frontenac (partie)
			24 25	Compton
			24 26	Wolfe
			24 34	Arthabaska (partie)
			24 35	Richmond
			24 36	Sherbrooke
			24 37	Stanstead
21	Montréal	Montréal	24 38	Brome
			24 39	Shefford
			24 40	Bagot
			24 42	Yamaska (partie)
			24 47	Maskinongé (partie)
			24 49	Berthier
			24 50	Richelieu
			24 51	Saint-Hyacinthe
			24 52	Rouville
			24 53	Iberville
			24 54	Missisquoi
			24 55	Saint-Jean
			24 56	Chambly
			24 57	Verchères
			24 58	Joliette
			24 61	Montcalm
			24 62	L'Assomption
			24 63	Terrebonne
			24 65	Ile-de-Montréal et Ile Jésus
			24 66	Laprairie
			24 67	Napierville
			24 68	Huntington
			24 69	Châteaugay
			24 70	Beauharnois
			24 71	Soulanges

APPENDICE 1 (suite)

No.	Nom de la région	Centroïde	Code C.G.T. et nom de la division de recensement, 1976	
			24 72	Vaudreuil
			24 73	Deux-Montagnes
			24 74	Argenteuil
			24 75	Papineau (partie)
			24 76	Labelle (partie)
22	Outaouais	Hull	24 47	Maskinongé (partie)
			24 75	Papineau (partie)
			24 76	Labelle (partie)
			24 78	Gatineau
			24 79	Hull
			24 80	Pontiac
23	Nord-Ouest	Val d'Or	24 83	Témiscamingue
			24 84	Abitibi (partie)
24	Côte-Nord	Sept-Iles	24 97	Saguenay (partie)
25	Nouveau-Québec	Chibougamau	24 99	Nouveau-Québec
26	Est de l'Ontario	Ottawa	35 01	Glengarry
			35 02	Prescott
			35 03	Russel
			35 04	Stormont
			35 05	Dundas
			35 06	Ottawa-Carleton
			35 07	Greenville
			35 08	Leeds
			35 09	Lanark
			35 10	Frontenac
			35 11	Lennox and Addington
			35 12	Hastings
			35 13	Prince Edward
			35 47	Renfrew
27	Centre de l'Ontario	Peterborough	35 14	Northumberland
			35 15	Peterborough
			35 16	Victoria
			35 22	Dufferin
			35 43	Simcoe
			35 44	Muskoka
			35 46	Haliburton
28	Toronto	Toronto	35 18	Durham
			35 19	York
			35 20	Metropolitan Toronto
			35 21	Peel
			35 24	Halton

APPENDICE 1 (suite)

No.	Nom de la région	Centroïde	Code C.G.T. et nom de la division de recensement, 1976	
29	Niagara	Hamilton	35 23	Wellington
			35 25	Hamilton-Wenworth
			35 26	Niagara
			35 28	Haldimand-Norfolk
			35 29	Brant
			35 30	Waterloo
30	Lac Érié	London	35 32	Oxford
			35 34	Elgin
			35 39	Middlesex
31	Lac Ste-Claire	Windsor	35 36	Kent
			35 37	Essex
			35 38	Lambton
32	Baie Georgienne	Barrie	35 31	Perth
			35 40	Huron
			35 41	Bruce
			35 42	Grey
33	Nord-Est de l'Ontario	Sudbury	35 48	Nipissing
			35 49	Parry Sound
			35 51	Manitoulin
			35 52	Sudbury
			35 53	Sudbury R.M.
			35 54	Timiskaming
			35 56	Cochrane
			35 57	Algoma
34	Nord-Ouest de l'Ontario	Thunder Bay	35 58	Thunder Bay
			35 59	Rainy River
			35 60	Kenora
35	Sud-Est du Manitoba	Steinbach	46 01	Division 1
			46 02	Division 2
			46 12	Division 12
36	Centre-Sud du Manitoba	Morden	46 03	Division 3
			46 04	Division 4
37	Centre-Ouest du Manitoba	Brandon	46 05	Division 5
			46 06	Division 6
			46 17	Division 17
			46 15	Division 15
38	Centre-Nord du Manitoba	Portage-La-Prairie	46 08	Division 8
			46 09	Division 9
			46 10	Division 10
39	Winnipeg	Winnipeg	46 11	Division 11

APPENDICE 1 (suite)

No.	Nom de la région	Centroïde	Code C.G.T. et nom de la division de recensement, 1976	
40	Interlake	Selkirk	46 13	Division 13
			46 14	Division 14
			46 18	Division 18
41	Parkland	Dauphin	46 16	Division 16
			46 17	Division 17
			46 20	Division 20
42	Nord du Manitoba	Flin Flon	46 19	Division 19
			46 21	Division 21
			46 22	Division 22
			46 23	Division 23
43	Régina, Moose Mountain	Régina	47 01	Division 1
			47 02	Division 2
			47 06	Division 6
44	Swift Current, Moose Jaw	Moose Jaw	47 03	Division 3
			47 04	Division 4
			47 07	Division 7
			47 08	Division 8
45	Saskatoon Bigger	Saskatoon	47 11	Division 11
			47 12	Division 12
			47 13	Division 13
46	Yorkton Melville	Yorkton	47 05	Division 5
			47 09	Division 9
			47 10	Division 10
47	Prince Albert	Prince Albert	47 14	Division 14
			47 15	Division 15
			47 16	Division 16
			47 17	Division 17
48	Nord de la Saskatchewan	La Rouge	47 18	Division 18
49	Medicine Hat	Medicine Hat	48 01	Division 01
			48 04	Division 04
50	Lethbridge	Lethbridge	48 02	Division 02
			48 03	Division 03
51	Calgary Drumheller	Calgary	48 05	Division 5
			48 06	Division 6
52	Les Parcs	Hinton	48 09	Division 9
			48 14	Division 14
53	Red Deer-Wainwright	Red Deer	48 07	Division 7
			48 08	Division 9

APPENDICE 1 (suite)

No.	Nom de la région	Centroïde	Code C.G.T. et nom de la division de recensement, 1976	
54	Edmonton-Floydminster	Edmonton	48 10	Division 10
			48 11	Division 11
55	Rivière-à-la-Paix	Grande Prairie	48 15	Division 15
56	Athabaska	Bonnyville	48 12	Division 12
			48 13	Division 13
57	Est du Kootenay	Cranbrook	59 01	East Kootenay
58	Centre du Kootenay	Nelson	59 03	Columbia-Shusway
			59 39	Kootenay-Boundary
59	Okanagan-Boundary	Kelowna	59 05	Okanagan-Similkameen
			59 07	Central Okanagan
			59 35	North Okanagan
			59 37	Squamish-Lilloset
60	Lilloset-Thompson	Kamloops	59 31	Thompson-Nicola
			59 33	Fraser-Cheam
61	Lower Mainland	Vancouver	59 09	Central Fraser
			59 11	Dewdney-Alouette
			59 13	Greater Vancouver
			59 15	Powell River
			59 27	Sunshine Coast
			59 29	Capital Region
62	Capitale et Ile de Vancouver	Victoria	59 17	Cowichan Valley
			59 19	Nanaimo
			59 21	Alberni-Clayoquet
			59 23	Comox-Strathcona
			59 25	Mount Waddington
			59 43	Cariboo
63	Cariboo-Fort-George	Prince George	59 41	Bulkley-Nichako
			59 51	Fraser-Fort George
			59 53	Peace River-Liard
64	Rivière-à-la-Paix, Liard	Dawson Creek	59 55	Central Coast
65	Skeena-Stikine	Prince-Rupert	59 45	Skeena-Quenn Charlotte
			59 47	Kitimat-Stikine
			59 49	Stikine
			59 57	
66	Yukon	Whitehorse	60	
67	Territoires-du-Nord-Ouest	Yellowknife	61	

APPENDICE 2 - Description détaillée des sources de données ayant servi à calculer les parts zonales de production et d'attraction pour chaque bien commercialisable

Numéro et nom du bien	Production	Attraction
1 - Animaux vivants	Bétail et volaille dans les fermes de recensement, valeur et nombre, 1981, par division de recensement : valeur du bétail et de la volaille. (1)	Coût des matières et fournitures utilisées, activité manufacturière, 1979, par région économique : industrie des aliments et boissons; (6) Population active selon l'activité économique, 1981, par agglomération de recensement : industrie des aliments et boissons. (3)
2 - Produits de la viande	Mêmes sources de données que pour la production du bien 12.	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 4.
3 - Poissons et produits du poisson	Population active par division d'activité économique, 1981, pour les divisions de recensement : chasse et pêche. (3)	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 4.
4 - Produits laitiers, oeufs, miel	Valeur des produits agricoles vendus dans les fermes de recensement, 1981, par division de recensement : produits laitiers et oeufs. (1)	Population, subdivisions de recensement, 1981. (5)
5 - Blé	Valeur des produits agricoles vendus dans les fermes de recensement, 1981 par division de recensement : blé. (1)	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 1.
6 - Autres céréales	Valeur des produits agricoles vendus dans les fermes de recensement, 1981, par division de recensement : avoine et autres céréales. (1)	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 1.

APPENDICE 2 (suite)

Numéro et nom du bien	Production	Attraction
7 - Farine de blé	Mêmes sources de données que pour la production du bien 12.	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 4.
8 - Produits céréaliers non énumérés	Mêmes sources de données que pour la production du bien 12.	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 4.
9 - Fruits, légumes et produits alimentaires divers	Mêmes sources de données que pour la production du bien 12.	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 4.
10 - Sucre, mélasse et sirop d'érable	Mêmes sources de données que pour la production du bien 12.	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 4.
11 - Aliments pour animaux	Valeur des produits agricoles vendus dans les fermes de recensement 1981 par division de recensement : foin et autres cultures fourragères. (1)	Mêmes sources de données que pour la production du bien 1.
12 - Breuvages	Valeur de livraison de produits de propre fabrication, activité manufacturière 1979 par région économique : industrie des aliments et boissons. (6) Population active selon l'activité économique, 1981, par agglomération de recensement : industrie des aliments et boissons. (3)	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 4.
13 - Tabac	Grandes cultures dans les fermes de recensement, 1981, par division de recensement : tabac (nombre d'acres). (1)	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 4.

APPENDICE 2 (suite)

Numéro et nom du bien	Production	Attraction
14 - Graines oléagineuses	Grandes cultures dans les fermes de recensement, 1981, par division de recensement : graine de lin, soya et colza (nombre d'acres). (1)	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 1.
15 - Animaux et végétaux bruts	Valeur des produits agricoles vendus dans les fermes de recensement, 1981, par division de recensement : autres produits agricoles. (1)	Population active selon l'activité économique, 1981, par agglomération de recensement : industrie du cuir et industrie du textile. (3)
16 - Bois et copeaux de bois à pâte	Inventaire du bois sur pied par district forestier provincial, 1963. (10)	Mêmes sources de données que pour la production des biens 35 à 38.
17 - Billots, poteaux et autres dérivés bruts du bois	Mêmes sources de données que pour la production du bien 16.	Coût des matières et founitures utilisées, activités manufacturières, 1979, par région économique infraprovinciale : industrie du bois. (6) Population active par division d'activité économique, 1981, pour les divisions de recensement : forêts. (3)
18 - Minerai et concentrés de fer	Producteurs de minerai et concentrés de fer, 1979 : expédition (en tonnes). (8)	Mêmes sources de données que pour la production du bien 48.
19 - Autres minerais métalliques et concentrés	Mêmes sources de données que pour la production du bien 26.	Population active selon l'activité économique, 1981, par agglomération de recensement : première transformation des métaux. (3)

APPENDICE 2 (suite)

Numéro et nom du bien	Production	Attraction
20 - Charbon	Production de charbon, 1979 : production (tonnes). (8)	Usines thermiques fonctionnant au charbon, 1979 : capacité (kilowatts). (8) Four à coke et autres usines de carbonisation au Canada : production de coke en 1979. (8)
21 - Huiles minérales brutes	Production d'huiles minérales brutes par champ pétrolifère (barils), 1978. (9)	Mêmes sources de données que pour la production du bien 43.
22 - Gaz naturel	Champs à gaz naturel produisant plus de 10 millions de Mcf, 1978. (9)	Champs pétrolifères et champs à gaz naturel, pipe-lines et usines de traitement, 1970. (10) Population, subdivisions de recensement, 1981. (5)
23 - Amiante brute et fibreuse	Producteurs canadiens d'amiante, 1979 : capacité de traitement par mine (tonnes/jour). (8)	Population active selon l'activité économique, 1971, par agglomération de recensement : fabrication de produits minéraux non métalliques. (4)
24 - Sable et gravier	Permis de bâtir émis au Canada, par compté ou division de recensement, 1979 : valeur estimative de la construction totale. (7)	Mêmes sources de données que pour la production du bien 24.
25 - Gypse	Sommaire des opérations des producteurs de gypse et de produits dérivés, 1979. (8)	Mêmes sources de données que pour la production du bien 25.

APPENDICE 2 (suite)

Numéro et nom du bien	Production	Attraction
26 - Autres produits des mines	Population active par division d'activité économique, 1981, pour les divisions de recensement : mines, carrières et puits de pétrole. (3)	Mêmes sources de données que pour la production du bien 24.
27 - Sel	Sommaire des opérations de production du sel, 1979. (8)	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 4.
28 - Soufre brut et raffiné	Usines d'extraction de gaz sulphurique, 1979 : capacité journalière (tonnes). (8)	Mêmes sources de données que pour la production du bien 40.
29 - Rebuts et ferrailles	Valeur des livraisons de produits de propre fabrication, activité manufacturière, 1979, par région économique : toutes les industries manufacturières. (6) Population active par division d'activité économique, 1981, pour les divisions de recensement : industries manufacturières. (3)	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 41.
30 - Huiles et graisses d'origine animale et végétale	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 1.	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 4.
31 - Produits dérivés des animaux et végétaux	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 15.	Population active selon l'activité économique, 1981, par agglomération de recensement : industrie de la bonnetterie et industrie de l'habillement. (3)

APPENDICE 2 (suite)

Numéro et nom du bien	Production	Attraction
32 - Sciage et bois d'oeuvre	Valeur des livraisons de produits de propre fabrication, activité manufacturière, 1979, par région économique infraprovinciale : industrie du bois. (6) Population active par division d'activité économique, 1981, pour les divisions de recensement : forêts. (3)	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 24.
33 - Placages et contre-plaqué	Mêmes sources de données que pour la production du bien 32.	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 24.
34 - Autres produits dérivés du bois	Mêmes sources de données que pour la production du bien 32.	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 24.
35 - Pâte de bois	Nombre d'usines et capacité de production journalière selon les produits et les lieux, 1971 : pâte mécanique et pâte chimique. (10)	Nombre d'usines et capacité de production journalière selon les produits et les lieux, 1971 : tous les papiers et cartons. (10)
36 - Papier journal	Nombre d'usines et capacité de production journalière selon les produits et les lieux, 1971 : papier journal. (10)	Population active selon l'activité économique, 1981, par agglomération de recensement : imprimerie, édition et activités connexes. (6)
37 - Autres papiers	Nombre d'usines et capacité de production journalière selon les produits et les lieux, 1971 : papiers fins, papiers particuliers et papiers d'emballage. (10)	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 4.

APPENDICE 2 (suite)

Numéro et nom du bien	Production	Attraction
38 - Cartons et papiers de construction	Nombre d'usines et capacité de production journalière selon les produits et les lieux, 1971 : cartons, papiers de construction et panneaux de construction. (10)	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 24.
39 - Acide sulphurique	Mêmes sources de données que pour la production du bien 40.	Mêmes sources de données que pour la production du bien 40.
40 - Produits chimiques industriels	Population active selon l'activité économique, 1971, par agglomération de recensement : industrie chimique. (4)	Mêmes sources de données que pour la production du bien 40.
41 - Autres produits chimiques	Mêmes sources de données que pour la production du bien 40.	Coût des matières et fournitures utilisées, activité manufacturière, 1974, par région économique infra-provinciale : toutes les industries. (6) Population active par division d'activité économique, 1971, pour les divisions de recensement : industries manufacturières. (4)
42 - Engrais chimiques	Mêmes sources de données que pour la production du bien 40.	Utilisation d'engrais commercial dans les fermes de recensement, culture de 1981, par division de recensement : superficie totale fertilisée. (1)

APPENDICE 2 (suite)

Numéro et nom du bien	Production	Attraction
43 - Essence	Population active selon l'activité économique, 1971, par agglomération de recensement : raffineries de pétrole. (4)	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 4.
44 - Mazout	Mêmes sources de données que pour la production du bien 43.	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 4.
45 - Coke	Four à coke et autres usines de carbonisation au Canada : production de coke en 1979. (8)	Mêmes sources de données que pour la production du bien 48.
46 - Gaz liquéfiés	Mêmes sources de données que pour la production du bien 43.	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 41.
47 - Autres produits raffinés du pétrole	Mêmes sources de données que pour la production du bien 43.	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 41.
48 - Produits du fer et de l'acier	Production d'acier brut, 1970. (10)	Population active selon l'activité économique, 1971, par agglomération de recensement : fabrication de machines (sauf électriques), de produits en métal et d'équipement de transport. (4)
49 - Produits de l'aluminium	Population active selon l'activité économique, 1971, par agglomération de recensement : extrusion, laminage et raffinage de l'aluminium. (4)	Mêmes sources de données que pour la production du bien 52.

APPENDICE 2 (suite)

Numéro et nom du bien	Production	Attraction
50 - Produits du cuivre et alliage de cuivre	Fonderies de cuivre et de cuivre-nickel au Canada : capacité annuelle de production, 1979. (8) Raffineries de cuivre au Canada : production, 1979. (8) Population active selon l'activité économique, 1971, par agglomération de recensement : laminage, moulage et extrusion du cuivre et de ses alliages. (4)	Mêmes sources de données que pour la production du bien 52.
51 - Autres métaux non-ferreux et alliages	Principales mines de plomb au Canada : expéditions de minerais, 1979. (8) Principales mines de zinc au Canada : production, 1979. (8)	Mêmes sources de données que pour la production du bien 52.
52 - Produits métalliques	Population active selon l'activité économique, 1971, par agglomération de recensement : industrie de la fabrication de produits en métal (sauf machines et équipements de transports). (4)	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 41.
53 - Ciment	Capacité des cimenteries au Canada, 1970. (10)	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 24.
54 - Produits minéraux non-métalliques	Population active selon l'activité économique, 1971, par agglomération de recensement : industrie des produits minéraux non-métalliques. (4)	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 24.

APPENDICE 2 (suite)

Numéro et nom du bien	Production	Attraction
55 - Machines industrielles	Population active selon l'activité économique, 1971, par agglomération de recensement : industrie de la fabrication de machines (sauf électriques). (4)	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 41.
56 - Machines agricoles	Population active selon l'activité économique, 1971, par agglomération de recensement : fabrication de machines aratoires. (4)	Machines et outillage dans les fermes de recensement, 1981, par division de recensement : valeur totale des machines et de l'outillage. (1)
57 - Voitures particulières	Population active selon l'activité économique, 1971, par agglomération de recensement : fabrication de véhicules et d'accessoires automobiles. (4)	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 4.
58 - Véhicules utilitaires	Population active selon l'activité économique, 1971, par agglomération de recensement : fabrication de carrosseries de camions et de remorques. (4)	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 41.
59 - Pièces pour véhicules automobiles	Mêmes sources de données que pour la production du bien 57.	Population active selon l'activité économique, 1971, par agglomération de recensement : fabrication d'équipements de transport. (4)

APPENDICE 2 (suite)

Numéro et nom du bien	Production	Attraction
60 - Autre matériel de transport	Mêmes sources de données que pour la production des biens 57 et 58.	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 41.
61 - Autre équipement manufacturier	Mêmes sources de données que pour la production du bien 55.	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 41.
62 - Objects personnels et ménagers	Population active selon l'activité économique, 1971, par agglomération de recensement : industrie de la bonneterie, industrie de l'habillement et inndustrie des produits électriques. (4)	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 4.
63 - Contenants (boîtes, bouteilles, etc.)	Mêmes sources de données que pour la production du bien 29.	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 41.
64 - Produits manufacturés divers	Mêmes sources de données que pour la production du bien 29.	Mêmes sources de données que pour l'attraction du bien 4.

APPENDICE 2 (suite)

RÉFÉRENCES

(1) STATISTIQUE CANADA (1983), Recensement du Canada 1981. Recensement de l'agriculture. Statistique Canada, No. de catalogue 96-901 à 96-917, Ottawa.

(2) STATISTIQUE CANADA (1973), Recensement du Canada 1971. Recensement de l'agriculture. Statistique Canada, No. de catalogue 96-701 à 96-711, Ottawa.

(3) STATISTIQUE CANADA (1984), Recensement du Canada 1981. Population active : Activité économique. Statistique Canada, No. de catalogue 93-961 à 93-972, Ottawa.

(4) STATISTIQUE CANADA (1975), Recensement du Canada 1971. Population active : Activité économique. Statistique Canada, No. de catalogue 94-738 à 94-747, Ottawa.

(5) STATISTIQUE CANADA (1983), Recensement du Canada 1981. Population : Répartition géographique (tableaux chronologiques). Statistique Canada, No. de catalogue 93-901 à 93-912, Ottawa.

(6) STATISTIQUE CANADA (1983), Industriesmanufacturières du Canada, niveau infraprovincial, 1979. Statistique Canada, No. de catalogue 31-209, Ottawa.

(7) STATISTIQUE CANADA (1980), Permis de bâtir, Sommaire annuel, 1979. Statistique Canada, No. de catalogue 64-203, Ottawa.

(8-9) En collaboration (1981 et 1982), Canadian Minerals Yearbook, 1978 et 1979, Mineral Report #24, Énergie, Mines et Ressources Canada, ministère des Approvisionnements et Services, Ottawa.

(10) En collaboration (1974), L'Atlas National du Canada. 4e édition (révisée). The Macmillan Company of Canada Ltd., avec le concours du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources et d'Information Canada, Ottawa.

APPENDICE 3 - Classification des industries

No.		No S-C(L)[1]
1	Agriculture	1
2	Forêt	2
3	Pêche, chasse et piégeage	3
4	Mines de fer	6
5	Autres mines métalliques	4,5,7
6	Mines de charbon	8
7	Puits de pétrole et de gaz	9
8	Mines d'amiante	10
9	Autres mines non métalliques	11 à 14
10	Services miniers	15
11	Viande, volaille, poisson et industrie laitière	16 à 19
12	Fabrication d'aliments pour animaux	21
13	Autres transformations des aliments	20,25 à 28
14	Fabrication de produits céréaliers	22,23,24
15	Boissons gazeuses, distilleries, brasseries	29 à 32
16	Industrie du tabac	33,34
17	Caoutchouc et produits en matière plastique	35 à 38
18	Industrie du cuir	39 à 42
19	Industrie textile	43 à 55
20	Bonneterie	56,57
21	Industrie du vêtement	58
22	Scieries	59
23	Fabriques de placages et contreplaqués	60
24	Autres industries du bois	61 à 64
25	Industrie du meuble et de l'ameublement	65 à 68
26	Industrie des pâtes et papiers	69
27	Asphalte et produits connexes	70
28	Autres industries du papier	71,72
29	Imprimerie et édition	73,74
30	Industrie sidérurgique	75,76,77
31	Première transformation des autres métaux	78 à 82
32	Fabrication de produits de métal	83 à 91
33	Fabrication de machines	92 à 95
34	Fabrication de matériel de transport	96 à 102
35	Fabrication de produits électriques	103 à 110
36	Fabrication de produits non métalliques	111 à 120
37	Raffineries de pétrole	121
38	Autres dérivés de pétrole et charbon	122
39	Industrie chimique	123 à 130
40	Industries manufacturières diverses	131 à 137
41	Construction	138 à 146
42	Transports aériens	147
43	Services auxiliaires des transports	148
44	Transports par eau	149

[1] Classification de Statistique Canada (1979), selon le niveau d'agrégation L.

APPENDICE 3 (suite)

No.		No S-C(L)[1]
45	Transports ferroviaires	150
46	Transports par camions	151
47	Transports interurbains et ruraux par autobus	152
48	Transports urbains et taxis	153,154
49	Transports par pipeline	156
50	Entretien des routes et ponts	157
51	Entreposage	187
52	Marge de transports	158 à 160
53	Communications	161
54	Electricité	162,163
55	Autres services publics	164
56	Commerce de gros	165
57	Commerce de détail	166
58	Immeubles occupés par leur propriétaire	167 à 170
59	Finances, assurances et immobilier	171 à 173
60	Enseignement et services médicaux	174 à 183
61	Services personnels et d'affaires	187,189 à 191
62	Fournitures d'exploitation : bureaux, laboratoires et cafétérias	184 à 186,188

[1] Classification de Statistique Canada (1979), selon le niveau d'agrégation L.

APPENDICE 4 - Catégories de la demande finale

No.	Nom de la catégorie	No S.-C.(L)[1]
1	Dépenses de consommation en biens durables	13,14,24,25,30
2	Dépenses de consommation en biens semi-durables	4 à 6,15,31,34
3	Dépenses de consommation en biens non-durables	1 à 3, 10 à 12, 16,23,26,35
4	Dépenses de consommation en services	7 à 9, 17 à 22, 27 à 29, 32 à 36,40
5	Construction par les entreprises	80 à 118
6	Construction par les administrations publiques	119
7	Machines et matériels, entreprises	41 à 78
8	Machines et matériels, administrations	79
9	Stocks	120 à 121
10	Dépenses des administrations publiques	122,127,131,136

[1] Classification de Statistiques Canada (1979), selon le niveau d'agrégation L.

APPENDICE 5 - Classification des biens et services

No.		No S-C(L)[1]	No CFTM[2]
1	Animaux vivants	1 à 5	1
2	Produits de la viande	52 à 56-65-66	2-3
3	Poissons et produits	29-75	4
4	Produits laitiers, oeuf, miel	9 à 11-67 à 73	5
5	Blé	7	6
6	Autres céréales	8	7
7	Farine de blé	90	8
8	Produits céréaliers, autres	91 à 95-106-108	9
9	Fruits, légumes, autres aliments	12-13-14-19-58-59 74-76 à 84-96 à 99 109 à 114	10 à 12-14
10	Sucre, mélasse, sirop	101-102-107	13
11	Aliments pour animaux	15-61-86 à 89 100-103-118	15
12	Breuvages	115-116-119-120	16
13	Tabac	20-121 à 123	17
14	Graines oléagineuses	18	19
15	Animaux et végétaux bruts	16-17-21-22-30-45 60-62-63-161-176-479-517	20
16	Bois et copeaux à pâte	26-190	22
17	Billots, poteaux et autres	24-25-27	23
18	Minerai et concentrés de fer	34	27
19	Autres minerais métalliques	33-35-36 253-263	25-26 28 à 31
20	Charbon	37	33
21	Pétrole brut	38	34
22	Gaz naturel	39	36
23	Amiante brute	42	38
24	Sable et gravier	49	39
25	Gypse	43	40
26	Autres produits des mines	45 à 48-50	41-45
27	Sel	44	42
28	Soufre brut et raffiné	41	44
29	Rebuts et ferrailles	133-160-193	46
30	Huiles et graisses (animales et végétales)	57-104-410 491 à 495	49
31	Autres dérivés des animaux et végétaux	130-131-139-142-145 à 149-151 à 153-156 à 159 162 à 169-177-181 182-186-187	50
32	Sciage et bois d'oeuvre	191	52
33	Placages et contre-plaqués	195	53

---

[1] Classification de Statistique Canada (1979), selon le niveau d'agrégation L.

[2] Classification CFTM du Canadian Institute of Guided Ground Transport (Graham, 1975), pour les biens #1 à #149.

APPENDICE 5 (suite)

No.		No S-C(L)[1]	No CFTM[2]
34	Autres produits du bois	192-194-196 197-201	54
35	Pâte de bois	209	55
36	Papier journal	210	56
37	Autres papiers	211 à 214-219-222	57
38	Cartons, papiers de construction	215-216	58
39	Acide sulphurique	420	60
40	Produits chimiques et industriels	105-117-218-261 262-398-406-407 416 à 419-421 à 463 464-466-480	61
41	Autres produits chimiques	129-154-155-404 405-409-411-465 467-468-470 à 475 481 à 489-414	63
42	Engrais chimiques	403-469	43-62
43	Essence	394-395	65
44	Mazout	396	66
45	Coke	548	67
46	Gaz liquéfiés	399	68
47	Autres produits du pétrole	245-397-400 à 402	69
48	Produits du fer et de l'acier	235 à 241-243-244 247 à 252-272-276 280-281-287-306	71
49	Produits de l'aluminium	257-264-371	72
50	Produits du cuivre et alliages	254-265-266	73
51	Autres métaux non ferreux	32-255-256-242 258 à 260-267 à 270	74
52	Produits métalliques	223-271-273-279 282-283-288 à 295 307-344-370	75
53	Ciment	375	77
54	Produits minéraux non métalliques	132-135-220-246 376 à 381-383-384 386 à 390-393-504-518	78
55	Machines industrielles	274-277-296-298 316 à 318-321 à 323 364 à 366	81
56	Machines agricoles	314-315	82
57	Voitures particulières	334	83
58	Véhicules utilitaires	319-335-336	84
59	Pièces pour automobiles	125 à 128-340-341-343	85

---

[1] Classification de Statistique Canada (1979), selon le niveau d'agrégation L.
[2] Classification CFTM du Canadian Institute of Guided Ground Transport (Graham, 1975), pour les biens #1 à #149.

APPENDICE 5 (suite)

No.		No S-C(L)[1]	No CFTM[2]
60	Autres matériels de transport	275-330 à 332-337 à 339 345 à 349 351-352	86
61	Autres équipements manufacturiers	172-234-284 297-300 à 304 308 à 311-320-324 326 à 329-342 358 à 363-367 à 369 372 à 374-382-501	87
62	Objets personnels et ménagers	124-138-140-141 143-144-150-170- 178 à 180 183 à 185-188-189 204 à 208-217-224 285-299-353 à 357-392-412 413-415-490-496 502-505 à 509-520	88
63	Contenants (boîtes, bouteilles)	136-175-199-202 221-225-286-313 391	89
64	Produits manufacturés divers	134-137-173-174-198 200-203-226 à 231 278-312-325-385 408-476 à 478 497 à 501-503 510 à 513-516-519 521-580 à 582-586	90
65	Services auxiliaires (industries primaires)	23-28-51-64 522	
66	Construction réparation		
67	Construction résidentielle	523	
68	Construction non-résidentielle	350-524 à 529, 541	
69	Transport aérien	530	
70	Autres moyens de transport	531	
71	Services auxiliaires (transport)	532	
72	Transport maritime	533	
73	Services auxiliaires (transport maritime)	534	
74	Transport ferroviaire	535	
75	Transport par camion	536	

---

[1] Classification de Statistique Canada (1979), selon le niveau d'agrégation L.
[2] Classification CFTM du Canadian Institute of Guided Ground Transport (Graham, 1975), pour les biens #1 à #149.

APPENDICE 5 (suite)

No.		No S-C(L)[1]
76	Transport interurbain par autobus	537
77	Transport urbain et taxis	538-539
78	Transport par pipeline	540
79	Entreposage	542
80	Marge de transport	583
81	Radio, T.V., téléphone, télégraphe	543-544
82	Services postaux	545
83	Electricité	546
84	Autres utilités (gaz, eau)	547-549
85	Marges de commerce (gros, détail)	550-553
86	Finances, assurances, immobilier	554 à 560
87	Services personnels et d'affaires	171-232-233 551-552-564 à 579 585 à 587-595
88	Services d'éducation et de santé	561 à 563

[1] Classification de Statistique Canada (1979), selon le niveau d'agrégation L.

APPENDICE 6 - Classification des 64 groupes de marchandises par grandes catégories

Numéro		Classification originale
101	aliments et boissons	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 15
102	grains et aliments pour animaux	5, 6, 11, 14
103	matières premières brutes végétales et animales	16, 17, 30, 31
104	matières premières brutes minérales	18, 19, 20, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29
105	huiles minérales brutes et gaz naturel	21, 22
106	produits du bois, pâtes et papiers	32, 33, 34, 35, 36, 37, 38
107	produits chimiques	39, 40, 41, 42
108	coke et produits du pétrole	43, 44, 45, 46, 47
109	produits métalliques et non métalliques semi-transformés	48, 49, 50, 51, 52, 53, 54
110	machineries, véhicules et pièces	55, 56, 57, 58, 59, 60
111	autres produits manufacturés finis	61, 62, 63, 64
200	total	tous les biens

APPENDICE 7 - Calcul des valeurs unitaires

Deux méthodes distinctes ont été utilisées. La première est directe et repose sur l'utilisation de données indiquant la production en tonne et en valeur des différents groupes de biens. La seconde est une mise à jour des coefficients valeur/poids estimés par Leech (1972), pour l'année 1970 et pour les biens constituant l'agrégation CFTM utilisée par le C.I.G.G.T. Les résultats obtenus de ces deux méthodes figurent au tableau A7-1.

A7-1 Utilisation de la méthode directe

L'idée de base consiste à diviser la valeur d'une production par le tonnage total correspondant. En ce qui concerne les biens manufacturés, les données sont disponibles pour la majorité des produits inclus dans la classification des produits industriels (Stat. Can., #31-211). Par ailleurs, afin d'obtenir une meilleure information pour certains produits, nous avons consulté les publications suivantes :

Stat. Can., #36-204 pour le papier
#25-202 pour le bois de construction
#22-003 pour les fruits
#32-218 pour les légumes
#22-201 pour les grains
#26-201 pour les mines
#25-201 pour la forêt
#23-203 pour les animaux vivants
#32-002 pour les conserves

Pour les biens dont les volumes sont indiqués en unité et non selon le poids, la conversion n'a pas toujours été possible. La publication "Unit Values of Commodities Moving in Canadian Overseas Trade", de la Commission canadienne des transports, a cependant permis d'obtenir dans certains cas des valeurs par tonne. Certains contacts avec les diverses industries nous ont également été d'un précieux secours.

Ces différentes publications traitent toutefois les biens selon un niveau de désagrégation supérieur à celui qui est utilisé dans le modèle TOMM-D. Nous avons donc regroupé les diverses données relatives aux

TABLEAU A7-1

VALEUR UNITAIRE DES 64 CATÉGORIES DE BIENS

No	Nom du bien	valeur unitaire (dollar/tonne métrique, 1979)		
		1ère approche (valeur/production)	2ème approche (Leech)	3ème approche (M.I.T.)
1	Animaux vivants	1523-1714	1452	1260
2	Produits de la viande	2039-2699	2566	1647
3	Poissons et produits	1275-4852	4365	1841-4199
4	Produits laitiers, oeuf, miel	589-988	1872	1098
5	Blé	122-161	168	97
6	Autres céréales	89-112	112	97
7	Farine de blé	213-262	291	194
8	Produits céréaliers, autres	777-1257	892	885
9	Fruits, légumes, autres aliments	1144	1000	
10	Sucre, mélasse, sirop	406	220	275
11	Aliments pour animaux	134-261	104	178
12	Breuvages		1631	485
13	Tabac	6180-6391	4564	3263-5459
14	Graines oléagineuses	274	263	178
15	Animaux et végétaux bruts		1608	
16	Bois et copeaux à pâte	32-43	46	32
17	Billots, poteaux et autres	32-49	53	64
18	Minerai et concentrés de fer	19-36	41	32
19	Autres minerais métalliques			32
20	Charbon	16-46	41	32
21	Pétrole brut	89-100	80	32
22	Gaz naturel			32
23	Amiante brute	381-697	462	
24	Sable et gravier	1-2,3	10	32
25	Gypse	4,7-6,3		32
26	Autres produits des mines			
27	Sel	13-38	13	32
28	Soufre brut et raffiné	18-26		

TABLEAU A7-1 (suite)

VALEUR UNITAIRE DES 64 CATÉGORIES DE BIENS

No	Nom du bien	valeur unitaire (dollar/tonne métrique, 1979)		
		1ère approche (valeur/production)	2ème approche (Leech)	3ème approche (M.I.T.)
29	Rebuts et ferrailles			
30	Huiles et graisses (animales et végétales)	638-997	2218	307
31	Autres dérivés des animaux et végétaux		4602	5071
32	Sciages et bois d'oeuvre	173-234	702	194
33	Placages et contre-plaqués		576	517
34	Autres produits du bois		992	1163
35	Pâte de bois	367-442	411	226
36	Papier journal	385	378	258
37	Autres papiers	563-657	540	549
38	Cartons, papiers de construction	332-371	266	614
39	Acide sulphurique	30	203	420
40	Produits chimiques industriels		1548	400
41	Autres produits chimiques	979	2318	1000
42	Engrais chimiques		118	116
43	Essence		110	65
44	Mazout		61	65
45	Coke	52	81	65
46	Gaz liquéfiés		20	97
47	Autres produits du pétrole		145	153
48	Produits du fer et de l'acier		567	510
49	Produits de l'aluminium		1756	1567
50	Produits du cuivre et alliages		3050	2704
51	Autres métaux non ferreux		3622	
52	Produits métalliques		1433	
53	Ciment	46-89	92	65

TABLEAU A7-1 (suite)

VALEUR UNITAIRE DES 64 CATÉGORIES DE BIENS

No	Nom du bien	valeur unitaire (dollar/tonne métrique, 1979)		
		1ère approche (valeur/production)	2ème approche (Leech)	3ème approche (M.I.T.)
54	Produits minéraux non métalliques		284	388
55	Machines industrielles		6933	7106
56	Machines agricoles		2964	3230
57	Voitures particulières		3261	3359
58	Véhicules utilitaires		3185	2745
59	Pièces pour automobiles		2314	2713
60	Autres matériels de transport		3110	3521
61	Autres équipements manufacturiers		7401	
62	Objets personnels et ménagers		3489	
63	Contenants (boîtes, bouteilles)		1194	1131
64	Produits manufacturés divers		6474	

Certaines incompatibilités au niveau de la correspondance entre les différents systèmes de classification, et/ou le manque de données sont responsables des valeurs manquantes.

produits traités par Statistique Canada afin de reconstituer la catégorisation employée par le modèle. Ce regroupement se fait en utilisant les données disponibles et n'est souvent que partiel, entraînant donc un biais difficilement quantifiable. Par exemple, pour la catégorie "viande", l'échantillon sur lequel se base notre calcul représente 66% de la valeur totale produite.

Pour la plupart des catégories de biens, les composantes sont cependant assez semblables, diminuant d'autant les erreurs propres à cette méthode. Notons que quelques biens forment fréquemment la majorité du tonnage d'un groupe, facilitant ainsi le travail de détermination de la valeur unitaire.

Idéalement, le calcul des prix unitaires devrait s'effectuer sur une base provinciale. Toutefois, l'absence de données nous a contraint, dans de nombreux cas, à ne calculer le prix qu'au niveau national. Celui-ci est alors appliqué à l'ensemble des provinces.

A7-2 Utilisation des facteurs de conversion

Leech utilise le C.T.C. Container Study ainsi que des évaluations des valeurs et quantités importées et exportées en 1970, pour le calcul des valeurs unitaires. Par ailleurs, le système de classification des biens qu'il utilise correspond sensiblement à celui qui est employé avec le modèle TOMM-D. En effet, seulement cinq groupes de biens sur un total de soixante-quatre sont de nature différente. La correspondance entre les deux systèmes de classification est donc presque directe.

Afin de modifier les prix calculés par Leech, de manière à ce qu'ils correspondent à l'année 1979, nous dérivons des facteurs de correction. Ceux-ci sont obtenus à l'aide de la publication #62-011 de Statistique Canada. Celle-ci indique les variations de l'indice des prix des produits pour la majorité des catégories d'industries de transformation. Nous avons

donc associé à chaque bien une ou plusieurs industries et ainsi calculé le taux de variation du prix pour un bien en fonction de la variation des prix des produits fabriqués par l'industrie qui lui est associée.

Par exemple, au bien #1 (animaux vivants), nous associons l'industrie de l'abattage et de la préparation de la viande. Le taux de variation des prix des produits de cette industrie de 1970 à 1979, 235,2%, est donc le facteur de correction recherché. Le prix calculé selon cette méthode nous donne une valeur unique de 1 452 $ par tonne métrique. Pour ce même bien, la première méthode détermine des valeurs unitaires par province allant de 1 523 à 1 714 $. De la même façon, pour le deuxième bien, soit la catégorie "viande", nous obtenons une valeur de 2 566 $ en utilisant les données de Leech, alors que le calcul selon la première approche implique des montants allant de 2 039 à 2 699 $. Les deux méthodes donnent de façon générale des résultats concordants.

A7-3 Méthode utilisée

Lorsque c'était possible, la première approche était utilisée. Toutefois, pour les biens dont les volumes sont indiqués en unité, ou non disponibles, les calculs n'ont pu être effectués et la méthode des facteurs de correction a été employée. Le tableau 4 comprend également des valeurs calculées selon un troisième procédé. Celle-ci repose sur l'utilisation d'une étude effectuée par le M.I.T., Samuelson (1975), indiquant la valeur par livre de plus de 1 200 produits. Ces prix sont valables aux États-Unis et correspondent à l'année 1975. Nous leur avons donc associé un facteur de correction pour tenir compte de l'inflation. Les montants ainsi obtenus n'ont toutefois pas servi dans le calcul des valeurs unitaires. Cependant, les données du M.I.T. ont permis de contrôler avec succès l'ordre de grandeur des résultats obtenus par le biais des deux approches précédentes. Enfin, soulignons que le coefficient de corrélation linéaire moyen de ces trois séries de prix prises deux à deux s'élève à 0,96, ce qui renforce la validité de nos estimations.

APPENDICE 8 : Résultats de Oum (1978) concernant la compétitivité intermodale pour les biens #32, 40, 44, 47, 52 et 54.

Bien #32
Sciages et bois d'oeuvre

Distance (km)	Statut
164	comp.
278	comp.
278	comp.
306	comp.
368	comp.
399	comp.
399	comp.
465	comp.
496	comp.
539	comp.
539	comp.
698	comp.
702	comp.
1 252	comp.
1 488	comp.
1 527	comp.
1 791	comp.

Bien #40
Produits chimiques

Distance (km)	Statut
219	comp.
304	comp.
366	comp.
397	comp.
536	comp.
536	comp.
789	D.train
902	comp.
944	comp.
1 245	D.train
1 315	D.train
1 480	comp.
2 010	D.train
2 853	D.train
3 418	comp.

Bien #44
Mazout

Distance (km)	Statut
164	comp.
278	comp.
290	comp.
368	comp.
368	comp.
399	comp.
539	comp.
539	D.train
573	comp.
698	D.train
702	D.train
907	D.train
1 044	comp.
1 323	comp.
2 021	D.train

Bien #47
Autres produits du pétrole

Distance (km)	Statut
105	D.cam.
164	D.cam.
278	D.cam.
306	D.cam.
368	D.cam.
399	comp.
436	D.cam.
529	comp.
539	comp.
539	comp.
698	comp.
949	D.train
1 242	comp.
1 242	comp.
1 252	comp.
1 419	comp.
1 488	comp.
2 021	comp.
2 298	comp.
3 342	D.train
4 679	D.train

Bien #52
Produits métalliques

Distance (km)	Statut
278	D.cam.
368	D.cam.
539	D.cam.
949	comp.
949	comp.
1 242	comp.
1 337	comp.
1 791	comp.
2 021	comp.
2 021	comp.
2 298	comp.
2 381	comp.
2 381	comp.
3 558	comp.
4 402	comp.
4 402	comp.
4 679	comp.

Bien #54
Produits minéraux non métalliques

Distance (km)	Statut
278	D.cam.
278	D.cam.
349	comp.
539	comp.
539	comp.
1 242	comp.
1 252	comp.
1 810	D.train
2 021	comp.
2 298	comp.
3 558	comp.
4 117	D.train
4 402	D.train
4 679	D.train

comp. = compétition
D.train = dominance du chemin de fer
D.cam. = dominance du camionnage

APPENDICE 9

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
101	ALIMENTS ET BOISSONS	16	BAS SAINT-LAURENT, GASPESIE	448381	448529	148
		17	SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN	205434	205469	35
		18	QUEBEC	1076113	1076355	242
		19	TROIS-RIVIERES	682350	682404	54
		20	CANTONS-DE-L'EST	339619	339660	41
		21	MONTREAL	4097274	4097314	40
		22	OUTAOUAIS	170107	170133	26
		23	NORD-OUEST	69079	69096	17
		24	COTE-NORD	33530	33533	3
		25	NOUVEAU-QUEBEC	2904	2902	-2
102	GRAINS, GRAINES ET ALIMENTS POUR ANIMAUX	16	BAS SAINT-LAURENT, GASPESIE	13372	13374	2
		17	SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN	27703	27710	7
		18	QUEBEC	244194	244268	74
		19	TROIS-RIVIERES	105956	105970	14

APPENDICE 9 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
103	MAT. PREMIERES BRUTES VEGETALES ET ANIMALES	20	CANTONS-DE-L'EST	63090	63110	20
		21	MONTREAL	328051	328102	51
		22	OUTAOUAIS	15306	15308	2
		23	NORD-OUEST	6565	6565	0
		24	COTE-NORD	183	182	0
		25	NOUVEAU-QUEBEC	39	39	0
		16	BAS SAINT-LAURENT, GASPESIE	69307	69540	234
		17	SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN	199639	199877	238
		18	QUEBEC	154929	156741	1811
		19	TROIS-RIVIERES	203705	205235	1530
		20	CANTONS-DE-L'EST	107965	109217	1252
		21	MONTREAL	1122759	1135611	12853
		22	OUTAOUAIS	93807	93893	86
		23	NORD-OUEST	78141	78264	124

2

APPENDICE 9 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
104	MATIERES PREMIERES BRUTES MINERALES	24	COTE-NORD	198430	198763	333
		25	NOUVEAU-QUEBEC	127306	127515	209
		16	BAS SAINT-LAURENT, GASPESIE	6317	6329	12
		17	SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN	32138	32159	21
		18	QUEBEC	35306	35305	-1
		19	TROIS-RIVIERES	55216	55284	69
		20	CANTONS-DE-L'EST	21249	21294	45
		21	MONTREAL	97056	97147	91
		22	OUTAOUAIS	1492	1495	4
		23	NORD-OUEST	17784	17820	36
105	HUILES MINERALES BRUTES ET GAZ NATUREL	24	COTE-NORD	109794	109907	114
		25	NOUVEAU-QUEBEC	27846	27880	34
		16	BAS SAINT-LAURENT, GASPESIE	1150	1150	0
		17	SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN	1150	1147	-3

3

APPENDICE 9 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
		18	QUEBEC	1150	1149	-1
		19	TROIS-RIVIERES	1150	1148	-2
		20	CANTONS-DE-L'EST	1150	1149	-1
		21	MONTREAL	1150	1149	-1
		22	OUTAOUAIS	1150	1149	-1
		23	NORD-OUEST	1150	1148	-2
		24	COTE-NORD	1150	1151	1
		25	NOUVEAU-QUEBEC	1150	1150	0
106	PRODUITS DU BOIS, PATES ET PAPIERS	16	BAS SAINT-LAURENT, GASPESIE	131337	131623	285
		17	SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN	157428	157744	316
		18	QUEBEC	308525	309131	607
		19	TROIS-RIVIERES	345359	345982	623
		20	CANTONS-DE-L'EST	180477	180860	384
		21	MONTREAL	446060	446715	655

APPENDICE 9 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
107	PRODUITS CHIMIQUES	22	OUTAOUAIS	229747	230351	604
		23	NORD-OUEST	189329	189792	463
		24	COTE-NORD	4501	4508	7
		25	NOUVEAU-QUEBEC	11566	11586	20
		16	BAS SAINT-LAURENT, GASPESIE	3981	3988	7
		17	SAQUENAY-LAC-SAINT-JEAN	8264	8278	14
		18	QUEBEC	78894	79133	239
		19	TROIS-RIVIERES	169947	170234	286
		20	CANTONS-DE-L'EST	3928	3934	7
		21	MONTREAL	1056560	1059977	3417
		22	OUTAOUAIS	12897	12938	42
		23	NORD-OUEST	708	707	-1
		24	COTE-NORD	17066	17105	39
		25	NOUVEAU-QUEBEC	5	5	0

APPENDICE 9 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
108	COKE ET PRODUITS DU PETROLE	16	BAS SAINT-LAURENT, GASPESIE	16951	16957	6
		17	SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN	1448	1448	0
		18	QUEBEC	272364	272507	143
		19	TROIS-RIVIERES	65666	65691	25
		20	CANTONS-DE-L'EST	30	30	0
		21	MONTREAL	2682650	2684680	2030
		22	OUTAOUAIS	30	30	0
		23	NORD-OUEST	36	36	0
		24	COTE-NORD	44158	44188	29
		25	NOUVEAU-QUEBEC	1161	1161	1
109	PROD. METALLIQUES ET NON-MET. SEMI-TRANSF.	16	BAS SAINT-LAURENT, GASPESIE	66732	66843	112
		17	SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN	349792	350471	679
		18	QUEBEC	167083	167164	81
		19	TROIS-RIVIERES	198670	198854	183

APPENDICE 9 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
110	MACHINERIES, VEHICULES ET PIECES	20	CANTONS-DE-L'EST	43071	43112	42
		21	MONTREAL	3282111	3285635	3524
		22	OUTAOUAIS	30496	30509	13
		23	NORD-OUEST	299071	299795	724
		24	COTE-NORD	100512	100631	119
		25	NOUVEAU-QUEBEC	12376	12401	25
		16	BAS SAINT-LAURENT, GASPESIE	18581	18584	3
		17	SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN	6582	6578	-4
		18	QUEBEC	82014	81993	-21
		19	TROIS-RIVIERES	48358	48333	-25
		20	CANTONS-DE-L'EST	85298	85328	30
		21	MONTREAL	1723677	1723018	-659
		22	OUTAOUAIS	1704	1702	-2
		23	NORD-OUEST	1957	1949	-7

APPENDICE 9 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
111	AUTRES PRODUITS MANUFACTURES FINIS	24	COTE-NORD	74876	74888	13
		25	NOUVEAU-QUEBEC	25448	25423	-25
		16	BAS SAINT-LAURENT, GASPESIE	142904	143321	417
		17	SAQUENAY-LAC-SAINT-JEAN	249121	250398	1276
		18	QUEBEC	860810	869140	8330
		19	TROIS-RIVIERES	832318	843342	11024
		20	CANTONS-DE-L'EST	475656	475523	-133
		21	MONTREAL	10111721	10278698	166977
		22	OUTAOUAIS	150685	151014	329
		23	NORD-OUEST	54028	53648	-380
		24	COTE-NORD	35159	35263	105
		25	NOUVEAU-QUEBEC	18169	18055	-113

APPENDICE 9 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
200	BIEN TOTAL	16	BAS SAINT-LAURENT, GASPESIE	919012	920238	1225
		17	SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN	1238698	1241279	2581
		18	QUEBEC	3281382	3292886	11504
		19	TROIS-RIVIERES	2708695	2722478	13782
		20	CANTONS-DE-L'EST	1321532	1323218	1686
		21	MONTREAL	24949068	25138045	188977
		22	OUTAOUAIS	707421	708524	1102
		23	NORD-OUEST	717845	718820	974
		24	COTE-NORD	619358	620120	762
		25	NOUVEAU-QUEBEC	227968	228117	148

APPENDICE 9 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
101	ALIMENTS ET BOISSONS	26	EST DE L'ONTARIO	1326502	1326824	322
		27	CENTRE DE L'ONTARIO	746385	746498	112
		28	TORONTO	3825770	3826185	415
		29	NIAGARA	2422691	2423104	413
		30	LAC ERIE	1097706	1098206	500
		31	LAC STE-CLAIRE	839065	839405	339
		32	BAIE GEORGIENNE	879663	880203	539
		33	NORD-EST DE L'ONTARIO	251726	251777	51
		34	NORD-OUEST DE L'ONTARIO	210884	210954	70
102	GRAINS, GRAINES ET ALIMENTS POUR ANIMAUX	26	EST DE L'ONTARIO	129070	129082	11
		27	CENTRE DE L'ONTARIO	83166	83177	10
		28	TORONTO	63071	63068	-3
		29	NIAGARA	232140	232176	37
		30	LAC ERIE	127793	127853	61

APPENDICE 9 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
		31	LAC STE-CLAIRE	81624	81645	21
		32	BAIE GEORGIENNE	208232	208328	96
		33	NORD-EST DE L'ONTARIO	17658	17661	3
		34	NORD-OUEST DE L'ONTARIO	43220	43242	23
103	MAT. PREMIERES BRUTES VEGETALES ET ANIMALES	26	EST DE L'ONTARIO	210524	212723	2199
		27	CENTRE DE L'ONTARIO	78545	79150	605
		28	TORONTO	594313	602514	8202
		29	NIAGARA	264047	267724	3677
		30	LAC ERIE	65956	66821	865
		31	LAC STE-CLAIRE	55147	55659	512
		32	BAIE GEORGIENNE	95488	96060	572
		33	NORD-EST DE L'ONTARIO	329351	329881	529
		34	NORD-OUEST DE L'ONTARIO	251988	252241	253
104	MATIERES PREMIERES BRUTES MINERALES	26	EST DE L'ONTARIO	23090	23092	3

APPENDICE 9 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
		27	CENTRE DE L'ONTARIO	30305	30352	47
		28	TORONTO	119064	119270	206
		29	NIAGARA	100603	100680	77
		30	LAC ERIE	13260	13276	16
		31	LAC STE-CLAIRE	92489	92591	103
		32	BAIE GEORGIENNE	18729	18722	-7
		33	NORD-EST DE L'ONTARIO	606038	606764	726
		34	NORD-OUEST DE L'ONTARIO	251647	251944	298
105	HUILES MINERALES BRUTES ET GAZ NATUREL	26	EST DE L'ONTARIO	8758	8758	0
		27	CENTRE DE L'ONTARIO	8758	8762	4
		28	TORONTO	8758	8760	3
		29	NIAGARA	8758	8760	2
		30	LAC ERIE	8758	8763	5
		31	LAC STE-CLAIRE	8758	8763	5

APPENDICE 9 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
106	PRODUITS DU BOIS, PATES ET PAPIERS	32	BAIE GEORGIENNE	8758	8762	5
		33	NORD-EST DE L'ONTARIO	8758	8763	5
		34	NORD-OUEST DE L'ONTARIO	8758	8759	2
		26	EST DE L'ONTARIO	249452	249753	301
		27	CENTRE DE L'ONTARIO	136772	136925	154
		28	TORONTO	134693	134854	161
		29	NIAGARA	282712	283116	405
		30	LAC ERIE	32150	32173	23
		31	LAC STE-CLAIRE	20083	20095	12
		32	BAIE GEORGIENNE	58142	58219	76
		33	NORD-EST DE L'ONTARIO	424256	425052	796
		34	NORD-OUEST DE L'ONTARIO	439079	439930	852
107	PRODUITS CHIMIQUES	26	EST DE L'ONTARIO	202451	202897	446
		27	CENTRE DE L'ONTARIO	46231	46361	130

APPENDICE 9 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
		28	TORONTO	1702209	1708156	5946
		29	NIAGARA	540450	542159	1709
		30	LAC ERIE	69256	69428	172
		31	LAC STE-CLAIRE	1053590	1057347	3757
		32	BAIE GEORGIENNE	4142	4140	-2
		33	NORD-EST DE L'ONTARIO	62156	62262	106
		34	NORD-OUEST DE L'ONTARIO	35681	35664	-17
108	COKE ET PRODUITS DU PETROLE	26	EST DE L'ONTARIO	19642	19639	-3
		27	CENTRE DE L'ONTARIO	209	209	0
		28	TORONTO	2230243	2231915	1673
		29	NIAGARA	101232	101285	53
		30	LAC ERIE	46062	46079	17
		31	LAC STE-CLAIRE	1110596	1111554	958
		32	BAIE GEORGIENNE	242	241	-1

APPENDICE 9 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
109	PROD. METALLIQUES ET NON-MET. SEMI-TRANSF.	33	NORD-EST DE L'ONTARIO	15331	15343	12
		34	NORD-OUEST DE L'ONTARIO	7467	7468	0
		26	EST DE L'ONTARIO	378089	378279	190
		27	CENTRE DE L'ONTARIO	382509	383112	603
		28	TORONTO	2461192	2463178	1986
		29	NIAGARA	4910295	4915502	5207
		30	LAC ERIE	203803	204011	208
		31	LAC STE-CLAIRE	347035	347435	400
		32	BAIE GEORGIENNE	81163	81149	-14
		33	NORD-EST DE L'ONTARIO	2401503	2406176	4673
		34	NORD-OUEST DE L'ONTARIO	301169	301630	460
110	MACHINERIES, VEHICULES ET PIECES	26	EST DE L'ONTARIO	85881	85879	-2
		27	CENTRE DE L'ONTARIO	158045	158113	68
		28	TORONTO	3483931	3484478	547

APPENDICE 9 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
		29	NIAGARA	1702627	1703120	492
		30	LAC ERIE	491081	491298	217
		31	LAC STE-CLAIRE	1637367	1637906	539
		32	BAIE GEORGIENNE	132949	133017	68
		33	NORD-EST DE L'ONTARIO	52365	52391	27
		34	NORD-OUEST DE L'ONTARIO	26344	26345	1
111	AUTRES PRODUITS MANUFACTURES FINIS	26	EST DE L'ONTARIO	1539428	1546378	6951
		27	CENTRE DE L'ONTARIO	1252854	1258948	6095
		28	TORONTO	10321419	10376421	55002
		29	NIAGARA	5024766	5056398	31632
		30	LAC ERIE	1372428	1374163	1736
		31	LAC STE-CLAIRE	1000001	1001430	1430
		32	BAIE GEORGIENNE	503249	503741	492
		33	NORD-EST DE L'ONTARIO	560228	560959	731

7

APPENDICE 9 (suite)

SCENARIO #2 : MODIFICATION DE LA DEMANDE FINALE

PRODUCTION DOMESTIQUE PAR REGION GEOGRAPHIQUE ET GROUPE DE MARCHANDISES

(SOLUTION DE BASE (1979), SOLUTION MODIFIEE ET VARIATION)

UNITE: ($ 000)

NO DU GROUPE DE MARCHANDISES	NOM DU GROUPE DE MARCHANDISES	NO DE REGION GEOGRAPHIQUE	NOM DE REGION GEOGRAPHIQUE	PRODUCTION (SOL. BASE)	PRODUCTION (SOL. MOD.)	VARIATION
200	BIEN TOTAL	34	NORD-OUEST DE L'ONTARIO	253230	253442	212
		26	EST DE L'ONTARIO	4172887	4183306	10419
		27	CENTRE DE L'ONTARIO	2923777	2931606	7829
		28	TORONTO	24944661	25018798	74137
		29	NIAGARA	15590320	15634025	43705
		30	LAC ERIE	3528251	3532071	3821
		31	LAC STE-CLAIRE	6245755	6253831	8075
		32	BAIE GEORGIENNE	1990757	1992581	1824
		33	NORD-EST DE L'ONTARIO	4729369	4737028	7659
		34	NORD-OUEST DE L'ONTARIO	1829466	1831619	2153

BIBLIOGRAPHIE

ALLEN, W.B. (1977), "The Demand for Freight Transportation : A Micro Approach", Transportation Research 11, 9-14.

ANAS, A. (1981), "The Estimation of Multinomial Logit Models of Joint Location and Travel Mode Choice from Aggregated Data", J. Regional Sci. 21, 223-242.

ANDERSSON, A. (1975), "A Closed Non-Linear Growth Model for International and Inter-Regional Trade and Location", Regional Science and Urban Economics 5, 219-228.

ANDERSSON, A. et PERSSON, H. (1979), "Integration of Transportation and Location Analysis; a General Equilibrium Approach", Papers of the Regional Science Association 42, 39-55.

ANTLE, L.G. et HAYNES, R.W. (1971), "An Application of Discriminant Analysis to the Division of Traffic between Transport Modes", Institute for Water Resources, Rapport 71-2, Department of Commerce, Springfield, Virginie.

BARANOV, E.F. et MATLIN, I.S. (1981), "System of Models Coordinating Decisions for Sectoral and Regional Development", communication présentée au colloque de l'International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg (Autriche).

BAUMOL, W.J. et VINOD, H.D. (1970), "An Inventory-Theoretic Model of Freight Transport Demand", Management Science 16, 413-421.

BAYLISS, B.T. (1973), "Demand for Freight Transport - Practical Results of Studies on Market Operation", Rapport de la vingtième table ronde sur l'économie des transports, Paris, 30 novembre et 1er décembre 1972, Economic Research Centre, European Conference of Ministers of Transport.

BERSTEIN, G.W. et DAJANI, J.S. (1979), "Modal-Split Models of Air and TRUCK Competition", Transportation Research Forum, p. 106.

BIGRAS, Y. (1985), "La modélisation des flux de marchandises au Canada", publication #483, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal.

BIGRAS, Y. (1985a), "Deux applications du modèle économique multirégional TOMM-2", publication #376, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal.

BIGRAS, Y., HAMELIN, P., NGUYEN, S. (1983), "Un modèle des flux interrégionaux de marchandises au Canada basé sur le concept d'information", publication #292, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal.

BOLTON, R. (1980), "Multiregional Models : Introduction to a Symposium", Journal of Regional Science 20, 131-142.

BOLTON, R. (1981), "The Development of Multiregional Modeling in North America", communication présentée au colloque de l'International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg (Autriche).

BOLTZMANN, L. (1975), "Ueber das Warmegleichgewicht von Gasen, auf welche aussere Krafte wirken", Sitzungs Berichte der Oesterr. Akad. des Wissenchaften, Mathem.-Naturwiss 72(2), 427-457.

BOUSQUET, M. (1987), Mémoire de maîtrise en préparation, département d'Informatique et Recherche opérationnelle, Université de Montréal.

BOYER, K.D. (1977), "Minimum Rate Regulation, Modal Split Sensitivities and the Railroad Problem", J. of Political Economy 85(3), 493-512.

BREGMAN, L. (1967), "The Relaxation Method of Finding the Common Point of Convex Sets and its Application to the Solution of Problems on Convex Programming", USSR Computational Mathematics and Mathematical Physics 7, 200-217.

BRODERSOHN, M.S. (1965), "A Multiregional Input-Output Model of the Argentine Economy", Instituto Torcuato de Tella, Centro de Investigaciones Economicas, Buenos Aires.

BUHL, W. (1967), "Intercity Highway Transport Share Tends to Vary Inversely with Size of Plant", Record, 46th Annual Meeting of the Highway Research Board Conference, 9-14.

CANADA, CONSOMMATION ET CORPORATION, Direction de la recherche, Bureau de la politique de concurrence (1982), "L'industrie du camionnage : Analyse du rendement", Ottawa.

CHENERY, H. (1956), "Interregional and International Input-Output Analysis", in The Structural Interdependence of the Economy, T. Barna (Ed.), Wiley, New York, 341-356.

CHIANG, Y.S., ROBERTS, P.O. et BEN-AKIVA, M. (1980), "Development of a Policy-Sensitive Model for Forecasting Freight Demand", rapport DOT P-30-81-04, U.S. Department of Transportation.

CHIANG, Y.S., ROBERTS, P.O. et BEN-AKIVA, M. (1980), "A Short-Run Freight Demand Model : The Joint Choice of Mode and Shipment Size", Center for Transportation Studies, M.I.T. Cambridge, Mass.

CHISHOLM, M. et O'SULLIVAN, P. (1973), "Freight Flows and Spatial Aspects of the British Economy", Cambridge University Press, London.

CHOUKROUN, J.M. (1975), "A General Framework for the Development of Gravity-Type Distribution Models", Regional Science and Urban Economics 5, 177-202.

CHRISTENSEN, L.R., JORGENSON, D.W., LAU, L.J. (1971), "Conjugate Duality and the Transcendental Logarithmic Production Function", Econometrica, juillet, 255-256.

CHRISTENSEN, L.R., JORGENSON, D.W., LAU, L.J. (1973), "Transcendental Logarithmic Production Frontiers", The Review of Economics and Statistics, février, 28-45.

CHURCH, D.E. (1967), "Impact of Size and Distance on Intercity Highway Share of Transportation of Industrial Products", Highway Research Record 175, 1-7.

CHURCH, D.E. (1971), "Highway Share of Intercity Shipments by Manufacturers in the United States", Traffic Quarterly, janvier, 5-16.

COMMISSION CANADIENNE DES TRANSPORTS (1976), "Report on Modelling the Demand for Freight Transport", rapport no ESAB-76-16-1, Ottawa.

COMMISSION CANADIENNE DES TRANSPORTS (1978), "Forecasting the Demand for Freight Transport in Canada : a Time Series Approach", rapport no 10-78-21, Ottawa.

CONSTABLE, G.K. et WHYBARK, D.C. (1978), "The Interaction of Transportation and Inventory Decisions", Decisions Sciences 9, 688-699.

COURBIS, R. (1980), "Multiregional Modeling and the Interaction between Regional Development : a General Theoretical Framework", in : Modeling the Multiregional Economic System, F.G. Adams et N.J. Glickman (Eds), Lexington Books, Lexington (Mass.), 107-130.

COURVILLE, L. et al. (1979), "La sensibilité des industries au commerce interrégional : le cas du Québec, de l'Ontario et du reste du Canada", Gouvernement du Québec, ministère des Affaires intergouvernementales.

DAGENAIS, M.G. et GAUDRY, M.J.I. (1986), "Can Aggregate Direct Travel Demand Models Work?", publication #442, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal.

DAGUM, C. et DAGUM, E.B. (1974), "Construction de modèles et analyse économétrique", Cahier de l'Institut des sciences mathématiques et économétriques appliquées, 8(11/12).

DALE, P.A. et al. (1975), "Un modèle intersectoriel de l'économie canadienne avec contrainte sur l'offre : une approche utilisant la programmation linéaire", L'Actualité économique 51, 96-111.

D'AMOURS, A., CHABOT-PLANTE, F. et SIMARD, G. (1975), "Candide-R", L'Actualité économique 51, 603-625.

DAS, C. (1974), "Choice of Transport Service : An Inventory-Theoretic Approach", The Logistics and Transportation Review 10, 181-187.

DAUGHETY, A.F. et INABA, F.S. (1981), "An Analysis of Regulatory Change in the Transportation Industry", Review of Economics and Statistics 53, 246-255.

DENNY, M. (1972), "Trade and the Production Sector : an Exploration of Models of Multi-Product Technologies", thèse de doctorat (University of California, Berkeley).

DENNY, M. (1974), "The Relationship between Functional Forms for the Production System", Canadian Journal of Economics 7, 21-31.

DIEWERT, W.E. (1971), "An Application of the Shepard Duality Theorem : a Generalized Leontief Production Function", Journal of Political Economy, mai-juin, 481-507.

DIEWERT, W.E. (1973), "Separability and the Generalized Cobb-Douglas Utility Function", (Ottawa : Dept. of Manpower and Immigration), janvier, mimeo.

DIEWERT, W.E. (1974), "Application of Duality Theory", in : Frontiers of Quantitative Economics, M.D. Intrilligator et D. Kendrick (Eds), Amsterdam : North-Holland, Vol. 2.

DOMENCICH, T.A. et McFADDEN, D. (1975), "Urban Travel Demand : a Behavioral Analysis", Amsterdam : North-Holland/American Elsevier.

DWIGHT, S. (1976), "Cost Structure of Private and For-Hire Motor Carriage", Transportation Journal, printemps.

ECONOMIC INTELLIGENCE UNIT (1967), "Atlantic Provinces Transportation Study", Ottawa : Queen's Printer.

ENKE, S. (1951), "Equilibrium among Spatially Separated Markets : Solution by Electric Analogue", Econometrica 19, 40-47.

EVANS, R.E. et SOUTHARD, W.R. (1974), "Motor Carriers and Shippers Perceptions of the Carrier Choice Decision", The Logistics and Transportation Review 10(2), 145-147.

EVANS, S. (1973), "A Relationship between the Gravity Model for Trip Distribution and the Transportation Problem of Linear Programming", Transportation Research 7, 39-61.

FLORIAN, M. et LOS, M. (1981), "A New Look at Spatial Price Equilibrium Models", publication # 196, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal.

FRIEDLAENDER, A. et SPADY, R. (1980), "A Derived Demand Function for Freight Transportation", The Review of Econometrics and Statistics, août, 432-441.

GASTON, C. (1979), "Canadian Interregional Input-Output Tables - Sources and Methodology", Statistique Canada, Division de l'analyse structurelle.

GAUDRY, M.J.I. (1978), "A Generalized Logit & Mode Choice Model", publication #98, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal.

GAUDRY, M.J.I. et WILLS, M.J. (1978), "Testing the Dogit Model with Aggregate Time-Series and Cross-Sectional Travel Data", publication #94, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal.

GAUDRY, M.J.I. (1982), "Functional Form and Stochastic Specification : Current Applications to Aggregate Time-Series and Cross Sectional Travel Demand Models", publication #260, Centre de recherche sur les transport, Université de Montréal.

GORDON, I.R. (1976), "Gravity Demand Functions, Accessibility and Regional Trade", Regional Studies 10, 25-37.

GORDON, I.R. (1977), "Regional Interdependence in the U.K. Economy", in : Structure, System and Economic Policy, W. Leontief (Ed.), Cambridge University Press, London.

GRAHAM, L.J. (1975), "C.I.G.G.T. Transportation Data Base - Description and Usage", Queen's University, rapport #75-12.

HAMELIN, P., LOS, M. et NGUYEN, S. (1981), "Infrastructure d'un réseau de transport multimodal pour le Canada", publication #209, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal.

HERENDEEN, J.H. (1969), "Theoretical Development and Preliminary Testing of a Mathematical Model for Predicting Freight Modal Split", Penssylvania Transportation and Traffic Centre.

HARKER, P.T. (1985), "The State of the Art in the Predictive Analysis of Freight Transport Systems", Transport Reviews 5(2), 143-164.

HARRIS, C. (1980), "New Developments and Extensions of the Multiregional Multi-Industry Forecasting Model", Journal of Regional Science 20(2), 159-172.

HARTWICK, J.M. (1969), "Regional Analysis by Means of Interregional Input-Output Models with Applications to Eastern Canada", thèse de doctorat (non publiée), John Hopkins University, Baltimore.

HOFFMAN, R.B. et KENT, J.N. (1976), "Design for Commodity-by-Industry Interregional Input-Output Models", in : Advances in Input-Output Analysis, K. Polenske et J. Skolda (Eds), Ballenger, Cambridge (Mass.), 251-262.

ISARD, W. (1951), "Interrregional and Regional Input-Output Analysis : a Model of a Space Economy", The Review of Economics and Statistics 33, 318-328.

JENSEN, R.C. et WEST, G.R. (1982), "On the Nature of Regional Multipliers", communication à la 29e rencontre nord-américaine de la Regional Science Association, Pittsburg.

JUDGE, G. et TAKAYAMA, T. (1973), "Studies in Economic Planning over Space and Time", North-Holland, Amsterdam.

KARLQVIST, A. et al. (1978), "A Regional Planning Model and its Application to South Eastern Australia", Regional Science and Urban Economics 8, 57-86.

KLYMCHUK, A. (1983), "Le camionnage privé : analyse et portée", Consommation et corporation Canada.

KOPPELMAN, F.S. (1970), "Guidelines for Aggregate Travel Prediction Using Disaggregate Choice Models", Transportation Research Record 610, 19-24.

KULLMAN, B.C. (1973), "A Model of Rail/Truck Competition in the Intercity Freight Market", thèse de doctorat (non publiée), Dept. of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology.

LAMOND, B. (1980), "Balancement de matrices et optimisation d'entropie", publication #211, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal.

LEECH, J.W. (1972), "Canadian Freight Transport Data Base", document de travail #72-1 (révisé), supplément no 1.

LEONTIEF, W. (1936), "Quantitative Input and Output Relations in the Economic System of the United States", Review of Economics and Statistics 18, 105-125.

LEONTIEF, W. (1953), "Interregional Trade", in : Studies in the Structure of the American Economy, W. Leontief (Ed.), Oxford University Press, New York, 93-115.

LEONTIEF, W. et STROUT, A. (1963), "Multiregional Input-Output Analysis", Structural interdependence and Economic Development, Tibor Barna (Ed.), St-Martin's Press, Londres, 119-150.

LEVIN, R.C. (1978), "Allocation in Surface Freight Transportation : Does Rate Regulation Matter?", The Bell J. of Economics 9(1), 18-45.

LOS, M. (1980), "A Transportation-Oriented Multiregional Economic Model for Canada", publication #178, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal.

LOS, M. et NGUYEN, S. (1980), "FRETNET : A Freight Transportation Simulation Model", publication #194, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal.

LUNDQVIST, L. (1981), "Applications of a Dynamic Multiregional Input-Output Model of the Swedish Economy", Papers of the Regional Science Association 47, 75-95.

MacGILL, S.M. (1978), "Rectangular Input-Output Tables, Multiplier Analysis and Entropy Maximising Principles : a New Methodology", Regional Science and Urban Economics 8, 355-370.

MADDALA, G.S. (1977), Econometrics, McGraw-Hill, New York.

MARTELLATO, D. (1980), "Structural Analysis with an Updated Interregional Input-Output Model for Italy", communication présentée à la 20e rencontre européenne de la Regional Science Association, Munich.

MATHEMATICA (1967), Studies on the Demand for Freight Transportation, 3 volumes, U.S. Department of Transportation, Washington.

McFADDEN, D. (1966), "Cost, Revenue and Profit Functions : A Cursory Review", document de travail #86, IBER, University of California at Berkeley.

McFADDEN, D. (1970), "Cost, Revenue and Profit Function", Department of Economics, University of California at Berkeley.

McFADDEN, D. et REID, F. (1975), "Aggregate Travel Demand Forecasting from Disaggregated Behavioral Models", Transportation Research Record 534, 24-37.

McFADDEN, D. et WINSTON, C. (1981), "Joint Estimation of Discrete and Continuous Choices in Freight Transportation", presentée au 1981 Meeting of the Econometric Society.

McGINNIS, M.A. (1980), "Shipper Attitudes Towards Freight Transportation Choice : A Factor Analytic Study", International Journal of Physical Distribution and Materials Management 10(1).

MERA, K. (1971), "An Evaluation of Gravity and Linear Programming Models for Predicting Interregional Commodity Flows", in : Techniques of Transport Planning 1, J.R. Meyer (Ed.), Brookings Institution, Washington, 297-308.

MIERNYK, W.H. (1972), "Regional and Interregional Input-Output Models : A Reappraisal", in : Spatial, Regional and Population Economics, M. Perlman, C. Leven et B. Chinitzs (Eds), Gordon and Breach, New York, 263-292.

MIERNYK, W.H. (1976), "Comments on Recent Developments in Regional Input-Output Analysis", International Regional Science Review 1, 47-55.

MINISTÈRE DE L'EXPANSION ÉCONOMIQUE RÉGIONALE (1976), "An Interprovincial Input-Output Model - Version III", MEER, Division de l'analyse du développement économique, Ottawa.

MINISTÈRE DE L'EXPANSION ÉCONOMIQUE RÉGIONALE (1977), "Employment and Occupational Impacts Using the Version III Interprovincial Input-Output Model", MEER, Division de l'analyse du développement économique, Ottawa.

MIKLIUS, W. (1969), "Estimating Freight Traffic of Competing Transportation Modes : An Application of the Linear Discriminant Functions", Land Economics, mai, 267-273.

MINISTRY OF STATE URBAN AFFAIRS (1974), "Inter-Urban Commodity Flow Project", MUPIM Project, Ottawa, Canada.

MORTON, A.L. (1969), "A Statistical Sketch of Intercity Freight Demand", Highway Research Record, 196.

MOSES, L.N. (1952), "Regional Input-Output : a Method of Analysing Regional Interdependence", thèse de doctorat (non publiée), Harvard University, Cambridge.

MOSES, L.N. (1955), "The Stability of Interregional Trading Patterns and Input-Output Analysis", American Economic Review 45, 803-832.

MURCHLAND, J.D. (1966), "Some Remarks on the Gravity Model of Trip Distribution and an Equivalent Maximising Procedure", rapport no LSE-TNT-38, London School of Economics, Londres.

NIJKAMP, P. (1975), "Reflections on Gravity and Entropy Models", Regional Science and Urban Economics 5, 203-225.

NIJKAMP, P. et RIETVELD, P. (1980), "Towards a Comparative Study of Multiregional Models", rapport no 80-172, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg (Autriche).

Ontario (Province), ministère des Transports et des Communication, (1975), "Truck Transportation in the Province of Ontario - Phase 1 : Description of Operating and Administrative Characteristics & Phase 2 : Survey of shipping", Toronto, Economic Policy Office.

Ontario (Province), ministère des Transports et des Communications (1980), "Ontario Commercial Truck Survey, 1978", Toronto, Economic Policy Office.

OOSTERHAVEN, J. (1981), "On Constructing a Three Regions Input-Output Table for the Netherlands", communication présentée à la 7e rencontre du Pacifique de la Regional Science Association, Queensland (Australie).

O'SULLIVAN, P. et RALSTON, B. (1974), "Forecasting Intercity Commodity Transport in the U.S.A.", Regional Studies 8, 191-195.

OUM, T.H. (1977), "Derived Demand for Freight Transportation and Inter-Modal Substitutibilities in Canada", Transportation Research Forum Conference Proceedings XVIII(1), 56-67.

OUM, T.H. (1978), "A Cross-Sectional Study of Demand for Freight Transportation in Canada : an Application of the Translog cost Function", rapport no 78-14, Canadian Institute of Guided Ground Transport, Queen's University at Kinston, octobre.

OUM, T.H. (1978a), "A Warning on the Use of Linear Logit Models in Transport Mode-Choice Studies", document de travail no 78-20, The School of Business, Queen's University at Kingston, juin.

PERLE, E. (1964), "The Demand for Transportation : Regional and Commodity Studies in the United Stated", University of Chicago Press.

PESCHEL, K. (1980), "On the Impact of Geographic Distance on the Interregional Patterns of Production and Trade", document de travail no 15, Institut für Regionalforschung, Université de Kiel.

PITFIELD, D.E. (1978), "Freight Distribution Model Predictions Compared : a Test of Hypothesis", Environment and Planning A 10, 813-836.

POLENSKE, K. (1966), "A Case Study of Transportation Models Used in Multiregional Analysis", thèse de doctorat (non publiée), Harvard University, Cambridge (Mass.).

POLENSKE, K. (1970), "An Empirical Test of Interregional Input-Output Models : Estimation of 1963 Japanese Production", American Economic Review 60, 76-82.

POLENSKE, K. (1972), "The Implementation of a Multiregional Input-Output Model for the United States", in : Input-Output Techniques, A. Brody et A.P. Carter (Eds), North-Holland, Amsterdam.

PRESS, S.J. (1972), Applied Multivariate Analysis, (Holt, Rinehart et Winston Inc.), Section 7.1.6.

QUAMBY, D.A. (1967), "Choice of Travel Modes for the Journey to Work : Some Findings", Journal of Transport Economics and Policy 1(3), septembre, 273-314.

QUANDT, R.E. et BAUMOL, W.L. (1966), "The Demand for Abstract Transport Modes : Theory and Measurement", Journal of Regional Science 6, 13-26.

Québec (Province), ministère des Transports (1983), "Enquête auprès des expéditeurs manufacturiers sur leurs besoins en transport", Québec.

RAKOWSKY, J.P. (1974), "Characteristics of Private Truck Operations in the U.S.", ICC Practitioner's Journal 41, juillet-août, p. 573.

RIEFLER, R.F. (1973), "Interregional Input-Output : a State of the Art Survey", in : Studies in Economic Planning over Space and Time, G. Judge et T. Takayama (Eds), North-Holland, Amsterdam.

RIEFLER, R.F. et TIEBOUT, C.M. (1970), "Interregional Input-Output : an Empirical California-Washington Model", Journal of Regional Science 10, 135-152.

RIETVELD, P. (1981), "A Review of Multiregional Economic Models", communication présentée au colloque de l'International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg (Autriche).

ROTH, R.D. (1977), "An Approach to Measurement of Model Advantage", Department of Economics American Trucking Association, Inc.

SALEH, F.A. et LALONDE, B.J. (1972), "Industrial Buying Behavior and the Motor Carrier Selection Decision", J. of Purchasing, février, 18-33.

SAMUELSON, P.A. (1952), "Spatial Price Equilibrium and Linear Programming", American Economic Review 42, 283-303.

SAMUELSON, R.D. et ROBERTS, P.O. (1975), "A Commodity Attribute Data File for Use in Freight Transportation Studies", rapport no 72-20, Center for Transportation Studies, M.I.T.

SAMUELSON, R.D., LERMAN, S.R. (1977), "Modeling the Freight Rate Structure", Transportation Research Forum.

SCHUBERT, U. (1981), "The Development of Multiregional Economic Models in Western Europe", communication présentée au colloque de l'International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg (Autriche).

SHANNON, C.E. (1948), "A Mathematical Theory of Communication", Bell System Technical Journal 27, 379-423 et 623-656.

SHEPHARD, R.W. (1953), "Cost and Production Function", Princeton University Press, Princeton, N.J., p. 11.

SHEPHARD, R.W. (1970), "Theory of Cost and Production Function", Princeton University Press, Princeton, N.J.M.

SLOSS, J. (1971), "The Demand for Intercity Motor Freight Transport : a Macroeconomic Analysis", The Journal of Business, janvier.

SMITH, P.L. (1975), "Forecasting Freight Transport Demand : the State of the Art", The Logistics and Transportation Review 10, 311-326.

SNICKARS, F. (1981), "Interregional and International Linkages in Multiregional Economic Models", rapport no WP-81-00, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg (Autriche).

STATISTIQUE CANADA, Division de l'analyse structurelle (1976), "User's Guide to Statistic Canada Structural Economics Models".

STOCK, J.R. et LALONDE, B.J. (1978), "The Purchasing Approach to Transportation Mode Selection", Journal of Purchasing and Materials Management, printemps.

SUZUKI, N. et al. (1978), "Regional Dispersion Policies and their Effects on Industries : Calculation Based on Interregional Input-Output Model (Version II)", Mitsubishi Research Institute, Tokyo.

TAKAYAMA, T. et JUDGE, G.G. (1971), "Spatial and Temporal Price and Allocation Models", North-Holland , Amsterdam.

TERZIEV, M.N., BEN-AKIVA, M. et ROBERTS, P.O. (1975), "Freight Demand Modelling : a Policy Sensitive Approach", Center for Transportation Studies Report no. 75-6, Massachusette Institute of Technology, avril.

THE RESEARCH BUREAU, (1976), Carrier and Equipment Preference Study of Canadian Traffic and Distribution Managers, Southam Business Publishing Ltd.

TURNER, R.E. (1975), "Freight Mode Selection in Canada", Canadian Institute of Guided Ground Transport, rapport no 75-14, Queen's University at Kingston, Ontario.

UZAWA, H. (1964), "Duality Principles in the Theory of Cost and Production", International Economic Review 5, 216-299.

V.M. STECHISTIN of Canada Transportation Service Division et The M.W. Menzies Group Limited, (1972), "Part III - An Appraisal of the Potential Impact to Ontario from Implementation of Part III of the National Transportation Act", Toronto, ministère des Transports et des Communications de l'Ontario, décembre, Vol. 1, p. 2.

VAN PEETERSSEN, A. (1979), "Procédure d'élaboration d'un tableau input-output interrégional pour le Canada", rapport de recherche no 79-07, Ecole des Hautes Etudes Commerciales, Montréal.

VERMOT-DESROCHES, B. (1979), "Testing Econometric Spatial Interaction Models Using French Regional Data", communication présentée à la 26e rencontre nord-américaine de la Regional Science Association, Los Angeles.

WATSON, P., HARTWEG, J.C. et LINTON, W.E. (1974), "Factors Influencing Shipping Mode for Intercity Freight : a Disaggregate Approach", Transportation Research Forum 15, 138-144.

WILSON, A.G. (1970), "Entropy in Urban and Regional Modeling", Pion, Londres.

WILSON, A.G. et SENIOR, M. (1974), "Entropy Maximising Models, Linear Programming Models and their Duals", Journal of Regional Science 14, 207-217.

WINSTON, C. (1981), "A Disaggregate Model of the Demand for Intercity Freight Transportation", Econometrica 49(4), juillet, 981-1006.

WINSTON, C. (1983), "The Demand for Freight Transportation : Models and Applications", Transportation Research 17A, 419-428.

REMERCIEMENTS

Tout projet d'envergure résulte généralement de la contribution d'une foule d'individus. Cette thèse ne faisant pas exception à cette règle, plusieurs personnes auraient droit de cité à titre de coauteur de ce travail. Toutefois, pour des raisons d'ordre académique, j'ai dû m'en approprier la paternité exclusive. C'est d'ailleurs un rôle que je me dois d'assumer avec beaucoup de modestie puisque l'idée de base du modèle FRET a été conçue initialement par le professeur Marc Los.

Cette thèse a également profité de l'indispensable support technique et financier de Messieurs Sang Nguyen et Marc Gaudry, mes codirecteurs de recherche, que je tiens à remercier.

Je voudrais également témoigner toute ma gratitude à Mme Dominique Paskievici, une collaboratrice de tous les instants, pour son travail efficace, éclairé et trop souvent anonyme ainsi que pour son support moral durant les périodes creuses.

Mes remerciements vont également à M. Marcel Dagenais, pour ses précieux conseils, Yvon Bigras, pour ses commentaires utiles, à Mme Lucie L'Heureux, pour l'impeccable travail dactylographique qu'elle a su accomplir et à tous ceux qui, au Centre de recherche sur les transports, m'ont apporté leur appui.

Enfin, je tiens à remercier Suzanne, pour sa très grande patience et ses encouragements durant toutes ces années.